



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**TUGAS AKHIR - TE 141599**

**IMPLEMENTASI DAN EVALUASI KINERJA KODE KONVOLUSI  
PADA MODULASI *QUADRATURE PHASE SHIFT KEYING*  
(QPSK) MENGGUNAKAN WARP**

Desrina Elvia  
NRP 2212106072

Dosen Pembimbing  
Dr. Ir. Suwadi, MT  
Dr. Ir. Titiek Suryani, MT

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2015



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**FINAL PROJECT - TE 141599**

**IMPLEMENTATION AND PERFORMANCE EVALUATION OF  
CONVOLUTION CODE IN MODULATION QUADRATURE PHASE  
SHIFT KEYING (QPSK) USING WARP**

Desrina Elvia  
NRP 2212106072

Supervisor  
Dr. Ir. Suwadi, MT  
Dr. Ir. Titiek Suryani, MT

ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT  
Faculty of Industrial Technology  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2015

**IMPLEMENTASI DAN EVALUASI KINERJA KODE  
KONVOLUSI PADA MODULASI *QUADRATURE PHASE SHIFT*  
KEYING (QPSK) MENGGUNAKAN WARP**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Untuk  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**


**Pada**


**Bidang Studi Teknik Telekomunikasi Multimedia  
Jurusan Teknik Elektro  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Menyetujui :**

**Dosen Pembimbing 1,**

**Dosen Pembimbing 2,**

  
**Dr. Ir. Suwadi, MT**  
**NIP. 19680818 1993031 002**

  
**Dr. Ir. Titiek Suryani, MT**  
**NIP. 19641130 1989032 001**

  
**SURABAYA  
JANUARI, 2015**

# **Implementasi Dan Evaluasi Kinerja Kode Konvolusi Pada Modulasi *Quadrature Phase Shift Keying* (QPSK) Menggunakan WARP**

**Nama** : Desrina Elvia  
**Pembimbing** : Dr. Ir. Suwadi, MT.  
Dr. Ir. Titiek Suryani, MT.

## **ABSTRAK**

Komunikasi digital membutuhkan suatu sistem komunikasi yang memberikan transfer data handal dan tahan terhadap *noise* yang terdapat pada kanal transmisi. Untuk memberikan transfer data yang handal dan tahan terhadap *noise* maka dibutuhkan suatu system pengkodean kanal yang mampu mendeteksi kesalahan dan mengoreksi kesalahan.

Kode konvolusi merupakan suatu teknik pengkodean kanal yang dapat mendeteksi dan mengoreksi kesalahan. Dengan menggunakan kode konvolusi maka akan mempengaruhi nilai *Bit Error Rate* (BER), dan modulasi *Quadrature Phase Shift Keying* (QPSK) merupakan suatu modulasi yang memiliki efisiensi *bandwidth* dua kali lebih besar, karena duat bit dikirimkan pada satu *symbol* sinyal termodulasi. Dengan implementasi pada *Wireless Open-Access Research Platform* (WARP) akan di analisis kinerja dari kode konvolusi pada modulasi QPSK.

Dari hasil implementasi dan pengukuran menunjukkan bahwa pada saat daya pancar sama, modulasi QPSK dengan kode konvolusi memiliki BER lebih kecil dibandingkan modulasi QPSK tanpa kode konvolusi, yaitu untuk kode konvolusi dengan kode rate 1/2 pada jarak 6 meter nilai BER = 0.00065232 sedangkan untuk nilai BER tanpa kode konvolusi = 0.0048828, dan untuk pengkodean dengan code rate 7/8 memiliki nilai BER lebih baik dibandingkan pengkodean dengan code rate 1/2, 2/3, 3/4 dan 5/6 dengan nilai BER = 0.00037495.

**Kata kunci** : Kode konvolusi, QPSK, WARP

Halaman Ini Sengaja di Kosongkan

# **Implementation and Performance Evaluation Of Convolution Code In Modulation Quadrature Phase Shift Keying (QPSK) Using WARP**

**Name** : Desrina Elvia  
**Advisor** : Dr. Ir. Suwadi, MT.  
Dr. Ir. Titiek Suryani, MT.

## **ABSTRACT**

*Digital communication need a communication system that give reliable transfer data and resistant to noise interference in the transmission channel. To give reliable transfer data and resistant to noise interference we need a channel coding system is capable of error detection and error correction.*

*Convolutional code is a techniq channel coding which can detection and correction of errors . By using convolution code will effect the value of Bit Error Rate ( BER ) , and Modulation Quadrature Phase Shift Keying (QPSK) is a modulation has two bandwidth efficiency is greater , because two bits transmitted in one symbol modulated signal . With the implementation of the Wireless Open-Access Research Platform (WARP) will be analysis the performance of convolutional code in QPSK modulation.*

*Implementation and measurement of results showed that when the same transmission power , QPSK modulation with convolutional code has a BER smaller than QPSK modulation without convolution code, for convolutional code with code rate of 1/2 at a distance of 6 meters value BER = 0.00065232 while for values BER without convolution code = 0.0048828 , and for coding with code rate 7/8 BER value is better than coding with code rate 1/2 , 2/3 , 3/4 and 5/6 with a value of BER = 0.00037495*

**Key : Convolutional Code, QPSK, WARP**

Halaman Ini Sengaja di Kosongkan

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul :

### **“Implementasi dan Evaluasi Kinerja Kode Konvolusi Pada Modulasi *Quadrature Phase Shift Keying* (QPSK) Menggunakan WARP”**

Tugas Akhir ini dibuat untuk memenuhi persyaratan mendapatkan gelar Strata I pada jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Tidak lupa pula penulis ucapkan terima kasih kepada :

1. Dr. Ir. Suwadi, MT dan Ibu Dr. Ir. Titiek Suryani, MT selaku dosen pembimbing, atas bimbingan dan masukan selama proses pengerjaan tugas akhir.
2. Ayahanda Ardesman dan ibunda Yulinar serta keluarga, atas doa yang tak henti-hentinya dan dorongan untuk terus maju tanpa ada kata putus asa.
3. Teman-teman Lintas Jalur Angkatan 2012 Genap, Terutama Program Studi Telekomunikasi Multimedia yang telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Team WARP Research dan teman-teman Lab 304.

Penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat dikembangkan lebih lanjut sehingga dapat digunakan sebaik-baiknya untuk mendukung perkembangan ilmu pengetahuan. Akhir kata, semoga apa yang telah dituangkan dalam Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan rekan-rekan mahasiswa khususnya serta para pembaca pada umumnya. Amin.

Surabaya, Januari 2015

Penulis



Halaman Ini Sengaja di Kosongkan

# DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
LEMBAR KEASLIAN.....	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI .....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL .....	xvii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	1
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan.....	2
1.5 Metodologi .....	2
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
1.7 Relevansi .....	4
BAB II TEORI PENUNJANG.....	5
2.1 Modulasi Digital.....	5
2.2 Quadrature Phase Shift Keying (QPSK) .....	5
2.3 Kode Konvolusi .....	8
2.3.1 Generator Polynomial .....	13
2.3.2 Diagram State .....	13
2.3.3 Diagram Trellis .....	14
2.3.4 Diagram Tree .....	14
2.4 Algoritma Viterbi .....	14
2.5 Coding Gain .....	16
2.6 Wireless Open-Access Research Platform (WARP) .....	16
2.7 WarpLab 7 .....	19
2.8 Software Defined Radio (SDR) .....	20
BAB III PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM .....	21
3.1 Pemodelan Sistem Komunikasi .....	21
3.1.1 Parameter Sistem Komunikasi .....	22
3.1.2 Proses Pada Blok Pengiriman .....	22

3.1.3	Pengiriman Menggunakan Modul WARP .....	24
3.1.4	Proses Pada Blok Penerima .....	24
3.2	Implementasi Pada WARP .....	25
3.3	Metode Pengukuran.....	27
3.4	Perhitungan BER.....	29
BAB IV HASIL PENGUJIAN DAN ANALISIS.....		31
4.1	Hasil Pengukuran.....	31
4.2	Analisis hasil Pengukuran .....	35
4.2.1	Kinerja Sistem Pada Kondisi LOS dan NLOS .....	35
4.2.2	Kinerja Sistem dengan Kode Konvolusi dan Tanpa Kode Konvolusi .....	39
4.2.3	Perbandingan Kinerja Sistem Kode Konvolusi dengan Code Rate 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 dan 7/8 .....	43
BAB V PENUTUP.....		47
5.1	Kesimpulan.....	47
5.2	Saran .....	47
DAFTAR PUSTAKA .....		49
BIODATA PENULIS .....		51
LAMPIRAN.....		53

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Diagram Konstelasi QPSK .....	6
Gambar 2.2	Gelombang QPSK .....	7
Gambar 2.3	Encoder Kode Konvolusi dengan Panjang K dan Rate $k/n$ .....	8
Gambar 2.4	Encoder Kode Konvolusi dengan $K = 3$ dan Rate $1/2$ ..	9
Gambar 2.5	Encoder Kode Konvolusi dengan $K = 3$ dan Rate $2/3$ ...	9
Gambar 2.6	Encoder Kode Konvolusi dengan $K = 3$ dan Rate $3/4$ ...	10
Gambar 2.7	Encoder Kode Konvolusi dengan $K = 3$ dan Rate $5/6$ ...	11
Gambar 2.8	Encoder Kode Konvolusi dengan $K = 3$ dan Rate $7/8$ ...	12
Gambar 2.9	Diagram State Rate = $1/2$ dan $K = 3$ .....	13
Gambar 2.10	Diagram Trellis Rate = $1/2$ dan $K = 3$ .....	14
Gambar 2.11	Diagram Tree Rate = $1/2$ dan $K = 3$ .....	15
Gambar 2.12	Radio Board WARP .....	17
Gambar 2.13	Penggunaan Framework WARPlab .....	19
Gambar 2.14	Penggunaan WARPlab .....	19
Gambar 3.1	Blok Diagram Sistem Komunikasi SISO dan Kode Konvolusi dengan Teknik Modulasi QPSK.....	21
Gambar 3.2	Konfigurasi Sistem Komunikasi SISO dengan WARP..	25
Gambar 3.3	Setting IP Pada Komputer .....	26
Gambar 3.4	Ping IP Untuk Node 1 dan Node 2 WARP .....	26
Gambar 3.5	Check Connection WARP Pada Matlab .....	27
Gambar 3.6	Pengukuran Pada Kondisi LOS Jarak 4 meter.....	28
Gambar 3.7	Pengukuran Pada Kondisi NLOS Jarak 4 meter .....	28
Gambar 4.1	Bit Acak Masukan dan Bit Hasil Kode Konvolusi .....	31
Gambar 4.2	Respon Impuls dari Filter Raised Cosine .....	32
Gambar 4.3	Sinyal Filter SRRC .....	33
Gambar 4.4	Sinyal Proses Match Filter .....	33
Gambar 4.5	Bit Hasil Demodulasi dan Decoder Viterbi .....	34
Gambar 4.6	Konstelasi Modulasi QPSK .....	34
Gambar 4.7	Kurva BER Pada Kondisi LOS dan NLOS Jarak 6 meter Code Rate $1/2$ .....	36
Gambar 4.8	Kurva BER Pada Kondisi LOS dan NLOS Jarak 4 meter Code Rate $1/2$ .....	37
Gambar 4.9	Kurva BER Pada Kondisi LOS dan NLOS Jarak 2 meter Code Rate $1/2$ .....	38
Gambar 4.10	Kurva Perbandingan BER Untuk Kode Konvolusi dengan Code Rate $1/2$ dan Tanpa Kode Konvolusi	

	Pada Jarak 6 meter .....	40
Gambar 4.11	Kurva Perbandingan BER Untuk Kode Konvolusi dengan Code Rate 1/2 dan Tanpa Kode Konvolusi Pada Jarak 4 meter .....	41
Gambar 4.12	Kurva Perbandingan BER Untuk Kode Konvolusi dengan Code Rate 1/2 dan Tanpa Kode Konvolusi Pada Jarak 2 meter .....	42
Gambar 4.13	Kurva BER Kode Konvolusi Pada Jarak 6 meter .....	44
Gambar 4.14	Kurva BER Kode Konvolusi Pada Jarak 4 meter .....	45
Gambar 4.15	Kurva BER Kode Konvolusi Pada Jarak 2 meter .....	46

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tabel Kemungkinan Pada QPSK .....	5
Tabel 4.1	Hasil Pengukuran BER Pada Kondisi LOS dan NLOS Jarak 6 meter Code Rate 1/2 .....	35
Tabel 4.2	Hasil Pengukuran BER Pada Kondisi LOS dan NLOS Jarak 4 meter Code Rate 1/2 .....	37
Tabel 4.3	Hasil Pengukuran BER Pada Kondisi LOS dan NLOS Jarak 2 meter Code Rate 1/2 .....	38
Tabel 4.4	Hasil Pengukuran BER Untuk Kode Konvolusi dengan Code Rate 1/2 dan Tanpa Kode Konvolusi Pada Jarak 6 meter .....	39
Tabel 4.5	Hasil Pengukuran BER Untuk Kode Konvolusi dengan Code Rate 1/2 dan Tanpa Kode Konvolusi Pada Jarak 4 meter .....	40
Tabel 4.6	Hasil Pengukuran BER Untuk Kode Konvolusi dengan Code Rate 1/2 dan Tanpa Kode Konvolusi Pada Jarak 2 meter .....	41
Tabel 4.7	Nilai Gain Code .....	42
Tabel 4.8	Hasil Pengukuran BER Kode Konvolusi Pada Jarak 6 meter .....	43
Tabel 4.9	Hasil Pengukuran BER Kode Konvolusi Pada Jarak 4 meter .....	44
Tabel 4.10	Hasil Pengukuran BER Kode Konvolusi Pada Jarak 2 meter .....	45

Halaman Ini Sengaja di Kosongkan

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Pada masa komunikasi digital saat ini dimana dibutuhkan suatu sistem komunikasi yang dapat memberikan transfer data yang handal dan tahan terhadap gangguan atau *noise* yang terdapat pada kanal transmisi. Dimana gangguan *noise* tersebut dapat menyebabkan distorsi sinyal dan mempengaruhi nilai *signal to noise ratio* (SNR). Untuk memberikan transfer data yang handal dan tahan terhadap *noise* maka dibutuhkan suatu sistem pengkodean kanal yang mampu mendeteksi kesalahan dan mengoreksi kesalahan (*error*). Kode konvolusi merupakan suatu teknik pengkodean kanal yang dapat mendeteksi kesalahan dan mengoreksi kesalahan. Dengan menggunakan teknik kode konvolusi sesuai dengan *code rate* yang ditentukan maka akan mempengaruhi nilai *bit error rate* (BER), BER akan bernilai lebih kecil bila dibandingkan tanpa kode konvolusi.

Modulasi *Quadrature Phase Shift Keying* (QPSK) merupakan suatu modulasi yang memiliki efisiensi *bandwidth* dua kali lebih besar dibandingkan dengan BPSK, karena dua bit dikirimkan pada satu *symbol* sinyal termodulasi. Untuk mengetahui pengaruh kode konvolusi terhadap efisiensi *bandwidth* tersebut maka akan digunakan modulasi QPSK, dengan implementasi menggunakan modul *Wireless Open-Access Research Platform* (WARP) yang merupakan salah satu jenis *Software Defined Radio* (SDR) untuk sistem komunikasi nirkabel yang dapat di implementasikan menggunakan perangkat lunak atau *software* Matlab. Penggunaan SDR dapat mengurangi pergantian *hardware* secara terus-menerus sehingga lebih menghemat biaya, dapat meminimalisasi kesalahan dan bersifat *programmable*. WARP digunakan sebagai pemancar dan penerima untuk mengukur kinerja dari kode konvolusi. Dimana akan diamati dan dievaluasi tentang pengaruh kode konvolusi menggunakan WARP.

### 1.2. Perumusan Masalah

Permasalahan yang dibahas dalam tugas akhir ini yaitu :

1. Bagaimana prinsip kerja dari kode konvolusi
2. Apa perbedaan modulasi QPSK dengan kode konvolusi dan tanpa kode konvolusi menggunakan modul WARP.



3. Membandingkan Kinerja kode konvolusi dengan code rate yang berbeda.
4. Mengetahui pengaruh besarnya daya pancar dan jarak pada kode konvolusi

### 1.3. Batasan Masalah

Untuk dapat menyelesaikan permasalahan tersebut, perlu adanya asumsi-asumsi sebagai berikut :

1. Pengkodean yang digunakan yaitu kode konvolusi.
2. Menggunakan Modulasi QPSK.
3. Kode konvolusi menggunakan *code rate* 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 dan 7/8.
4. Menggunakan Modul WARP.
5. Analisa dilakukan berdasarkan nilai Bit error rate yang didapatkan pada hasil pengukuran.
6. Menentukan nilai gain code pada masing-masing code rate.

### 1.4. Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah implementasi dan evaluasi kinerja kode konvolusi dengan *Quadrature Phase Shift Keying* (QPSK) menggunakan WARP.

1. Menganalisa kinerja kode konvolusi pada kondisi LOS dan NLOS.
2. Menganalisa kinerja modulasi QPSK dengan kode konvolusi dan tanpa kode konvolusi
3. Menganalisa kinerja kode konvolusi dengan code rate berbeda yaitu 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 dan 7/8.

### 1.5. Metodologi

Metodologi yang digunakan pada pengerjaan tugas akhir ini melalui beberapa tahap :

#### 1. Studi Literatur

Langkah pertama yang dilakukan adalah mengumpulkan literature yang berhubungan dengan topik tugas akhir, yaitu :

- a. Sesuai tema yang dijabarkan pada bagian ruang lingkup tugas akhir.
- b. Simulasi system komunikasi
- c. Desain teknik modulasi digital
- d. Desain penerima digital

- e. Referensi pemrograman modul WARP
  - f. Referensi WARPLab
2. Perumusan parameter yang digunakan dan metode pengukurannya.
- Sebelum proses pengukuran bisa berjalan, parameter performansi, yaitu yang menunjukkan kualitas unjuk kerja sistem komunikasi, dirumuskan dan ditentukan metode pengukurannya. Pada tahapan ini, akan ditentukan misalnya, band frekuensi pengukuran, informasi yang akan dipancarkan, jumlah-jumlah bit yang akan ditransmisikan, kondisi frame yang dipancarkan, proses pengukuran kanal, Parameter yang diambil sebagai acuan performansi adalah *bit error rate* (BER).
3. Simulasi system komunikasi
- Proses simulasi yaitu dengan menggunakan *software* matlab, yang pertama kali dilakukan yaitu mensimulasikan proses modulasi dan dilanjutkan dengan kode konvolusi. Simulasi bertujuan untuk melihat apakah algoritma yang digunakan sesuai dengan teori system komunikasi.
4. Implementasi pada modul WARP
- Untuk implementasi pada modul WARP dilakukan dengan menggunakan software WARPlab.
5. Pengukuran data
- Pada pengukuran data dilakukan dengan dua cara yaitu dengan kode konvolusi dan tanpa kode konvolusi dengan mengubah-ubah *code rate*.
6. Proses analisis data dan pengambilan kesimpulan
- Analisa data dan pengambilan kesimpulan dilakukan setelah pengukuran data selesai.
7. Dokumentasi penelitian
- Pada dokumentasi penelitian ini dilakukan pembuatan laporan tugas akhir dan penulisan jurnal ilmiah.

## **1.6. Sistematika Penulisan**

Sistematika pembahasan dari proyek akhir ini direncanakan sebagai berikut :

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini memberikan gambaran permasalahan yang dihadapi dalam penelitian ini, yang mencakup latar belakang permasalahan, perumusan dan batasan masalah, tujuan penelitian, metodologi dan statistika penulisan buku proyek akhir ini.

### **BAB II TEORI PENUNJANG**

Pada bab ini dijelaskan mengenai teori dasar yang dijadikan acuan dalam tugas akhir ini seperti konsep dari sistem komunikasi.

### **BAB III PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM**

Pada bab ini menjelaskan tentang pemodelan simulasi teknik *system* komunikasi.

### **BAB IV HASIL PENGUJIAN DAN ANALISIS**

Pada bab ini berisi hasil implementasi dari bab III, kemudian akan dianalisis grafik yang dihasilkan dari implementasi tersebut.

### **BAB V PENUTUP**

Pada bab ini berisi kesimpulan dan saran, berdasarkan analisis hasil implementasi.

## **1.7. Relevansi**

Hasil yang diperoleh dari tugas akhir ini diharapkan dapat memberi manfaat sebagai berikut :

1. Dengan adanya *error control coding* dapat memperbaiki nilai BER pada pentransmisian data menggunakan WARP. Baik itu dengan Kode Konvolusi, Reed Solomon maupun *error control coding* lainnya.
2. Mampu melakukan implementasi *system* komunikasi SISO pada WARP.

## BAB II TEORI PENUNJANG

### 2.1 Modulasi Digital [9]

Modulasi adalah proses penumpangan sinyal informasi kepada sinyal pembawa, dengan modulasi biasanya sinyal informasi (frekuensi rendah) bisa dimasukkan ke dalam gelombang pembawa (frekuensi tinggi) berupa gelombang sinus. Pada umumnya modulasi dapat dilakukan dengan mengubah-ubah amplitudo, fasa atau frekuensi dari sinyal pembawa sesuai dengan amplitudo sinyal informasi.

Ada dua macam modulasi yaitu modulasi analog dan modulasi digital. Pada modulasi digital data yang di transmisikan berupa data biner (0 dan 1). Data biner tersebut diubah menjadi bentuk gelombang sesuai dengan karakteristik kanal pembawa. Pada *system* komunikasi modulasi berfungsi untuk menyamakan karakteristik sinyal dengan karakteristik kanal, mengurangi noise dan interferensi serta mengatasi keterbatasan peralatan. Jenis modulasi digital ada tiga, yaitu :

- a. *Amplitude Shift Keying* (ASK)
- b. *Frequensi Shift Keying* (FSK)
- c. *Phase Shift Keying* (PSK)

### 2.2 Quadrature Phase Shift keying (QPSK)[8]

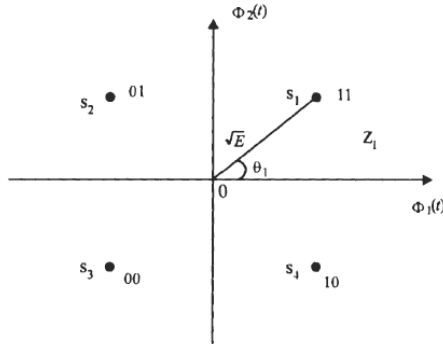
Modulasi *Quadrature Phase Shift Keying* (QPSK) merupakan M-ary encoding dimana  $M = 4$  (Quartenary). Pada modulasi QPSK terdapat empat level sinyal yang merepresentasikan empat kode biner. Masing-masing level dengan perbedaan fasa  $90^0$ .

Tabel kemungkinan keadaan pada QPSK dapat dilihat pada table 2.1 berikut :

Tabel 2.1 Tabel Kemungkinan Pada QPSK

Fase	Data biner
$45^0$	00
$135^0$	01
$225^0$	11
$315^0$	10

Modulasi QPSK memiliki efisiensi *bandwidth* dua kali lebih besar dibandingkan dengan BPSK, karena dua bit dikirimkan pada satu symbol sinyal termulasi. Diagram konstelasi dari QPSK dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Diagram Konstelasi QPSK

Sinyal QPSK dapat ditulis dengan persamaan:

$$S_{QPSK}(t) = \sqrt{\frac{2E_s}{T_s}} \cos \left[ 2\pi f_c + (i-1) \frac{\pi}{2} \right]$$

$$0 \leq t \leq T_s, \quad i = 1, 2, 3, 4$$

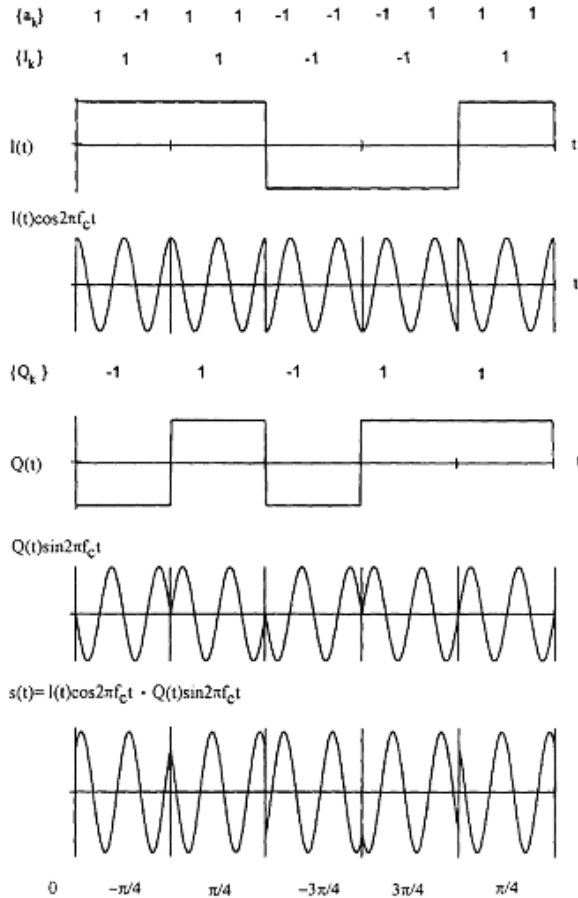
Dimana  $T_s$  merupakan periode *symbol* dan sama dengan dua kali periode bit.

Probabilitas *Bit Error rate* (BER) sinyal QPSK pada kanal AWGN diformulasikan dengan persamaan :

$$P_{e \text{ QPSK}} = Q \left( \sqrt{\frac{2E_b}{N_0}} \right)$$

Merupakan perbandingan antara daya sinyal dengan daya *noise* (SNR). BER dari QPSK sama dengan dua kali BER BPSK, tetapi QPSK dapat

mengirim dua kali data lebih banyak dengan menggunakan *bandwidth* yang sama dibandingkan BPSK [4]. Gelombang pada QPSK dapat dilihat pada gambar 2.2.

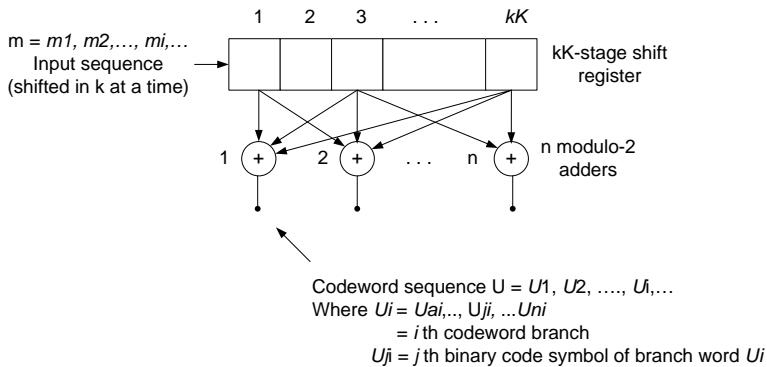


Gambar 2.2 Gelombang QPSK

## 2.3 Kode Konvolusi [9][10][11]

Kode konvolusi merupakan sebuah pengkodean yang digunakan untuk mendeteksi dan mengoreksi kesalahan (*error*). Kode konvolusi memiliki kemampuan koreksi yang cukup bagus dan bekerja dengan baik bahkan pada saluran yang sangat buruk (dengan probabilitas kesalahan sekitar  $10^{-3}$ ). Kode konvolusi terdiri dari *encoder* kode konvolusi pada *transmitter* dan *decoder* kode konvolusi pada *receiver*.

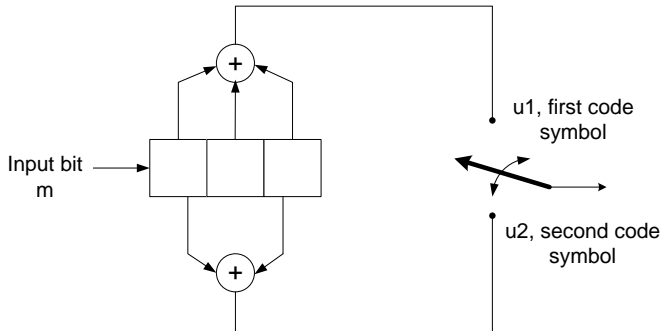
*Encoder* merupakan bagian kode konvolusi yang melakukan pengkodean data digital (berupa deret biner) yang diterima kode konvolusi sebelum di transmisikan melalui saluran, sedangkan *decoder* kode konvolusi lebih rumit dimana biasanya menggunakan algoritma Viterbi. *Encoder* Kode Konvolusi dengan Panjang K dan Rate k/n dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 *Encoder* Kode Konvolusi dengan Panjang K dan Rate k/n

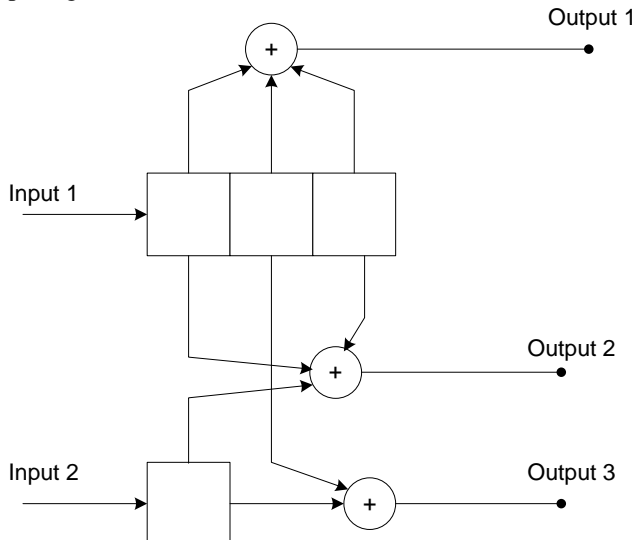
Kode konvolusi adalah salah satu teknik umum dalam pengkodean kanal. Pengkodean kanal disebut juga *error correction code* yang memberikan komunikasi yang handal, memperkenalkan kesalahan bit atau juga mendistorsi sinyal yang dikirim. Sebagai kode biner, kode konvolusi melindungi informasi dengan menambahkan bit. Sebuah rate k/n kode konvolusi memproses urutan input dari k-bit informasi symbol melalui satu atau lebih register geser (menggunakan umpan balik). Kode konvolusi menghitung setiap n-bit *symbol* ( $n > k$ ) urutan output dari operasi linier pada simbol input [8].

Encoder kode konvolusi dengan  $K = 3$  dan *code rate* =  $1/2$  dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 *Encoder* Kode Konvolusi dengan  $K = 3$  dan *rate*  $1/2$

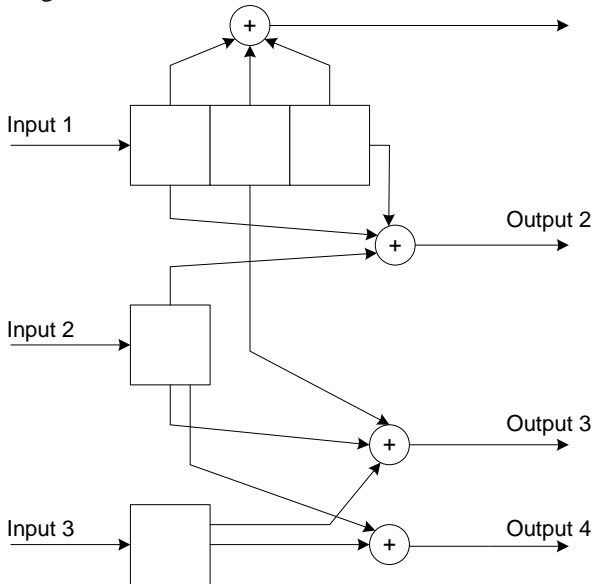
Encoder kode konvolusi dengan  $K = 3$  dan *code rate* =  $2/3$  dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 *Encoder* Kode Konvolusi dengan  $K = 3$  dan *rate*  $2/3$



Encoder kode konvolusi dengan  $K = 3$  dan  $code\ rate = 3/4$  dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Encoder Kode Konvolusi dengan  $K = 3$  dan  $rate\ 3/4$

Parameter-parameter utama dalam kode konvolusi:

1. Laju kode konvolusi(R)

Laju kode konvolusi (R) merupakan rasio antara masukan informasi bit dengan keluaran bit terkodekan dan mempunyai persamaan sebagai berikut :

$$R = \frac{k}{n}$$

Dengan, R = laju kode konvolusi

k = jumlah bit input

n = jumlah bit output

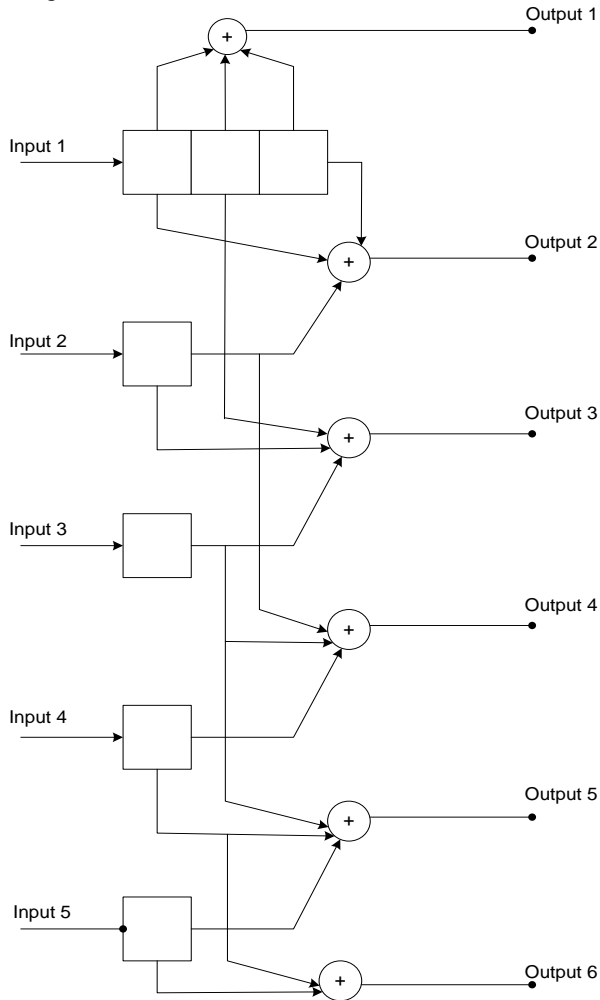
2. Panjang Memori (K)

Panjang memori K adalah jumlah elemen tundaan dalam kode konvolusi yaitu memori dengan masukan bit sekarang pada kode konvolusi atau dapat disebut juga panjang kode dari kode konvolusi.

Panjang memori dapat didefinisikan sebagai berikut :  $K = M + 1$

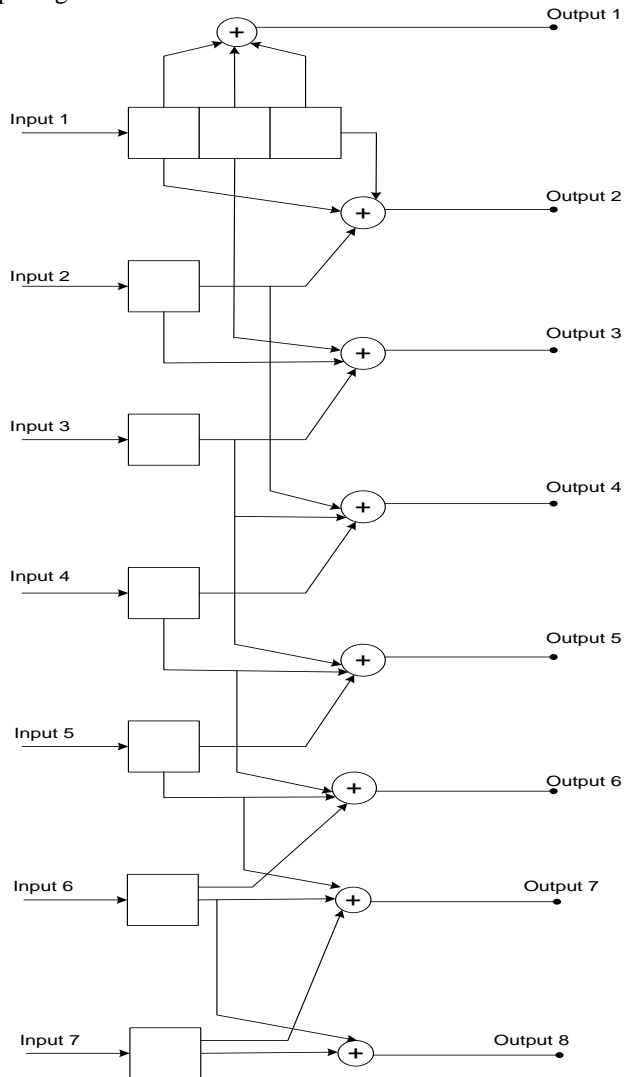
Dengan,  $K$  = panjang memori dan  $M$  = memori

Encoder kode konvolusi dengan  $K = 3$  dan *code rate* =  $5/6$  dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Encoder Kode Konvolusi dengan  $K = 3$  dan *rate*  $5/6$

Encoder kode konvolusi dengan  $K = 3$  dan *code rate* = 7/8 dapat dilihat pada gambar 2.8.



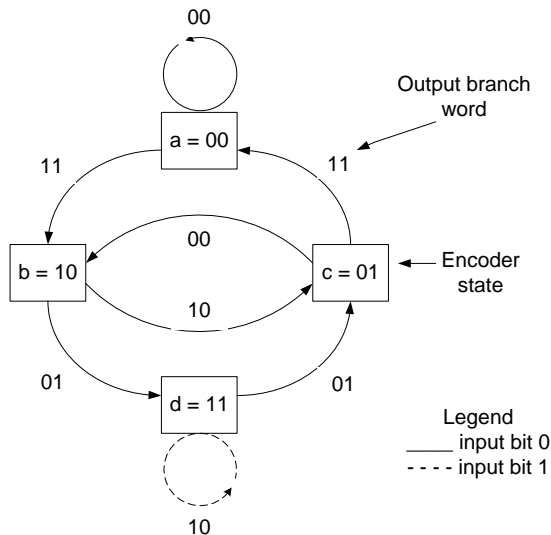
Gambar 2.8 *Encoder Kode Konvolusi* dengan  $K = 3$  dan *rate* 7/8

### 2.3.1 Generator Polynomial

Generator polynomial merupakan salah satu metode untuk menggambarkan matriks yang digunakan pada kode konvolusi. Generator polynomial ini biasanya ditulis dalam bentuk octal. Setiap vector pada matriks generator memiliki ukuran dimensi  $Kk$  dan mengandung garis hubungan pada *encoder* menuju modulo 2 *adder*. Masukan nilai “1” pada posisi I (baris) dari vector untuk garis hubungan pada shift register yang menuju modulo 2 *adder* dan masukan “0” pada posisi vector jika tidak ada hubungan antara *shift register* dengan modulo 2 *adder* [9].

### 2.3.2 Diagram State

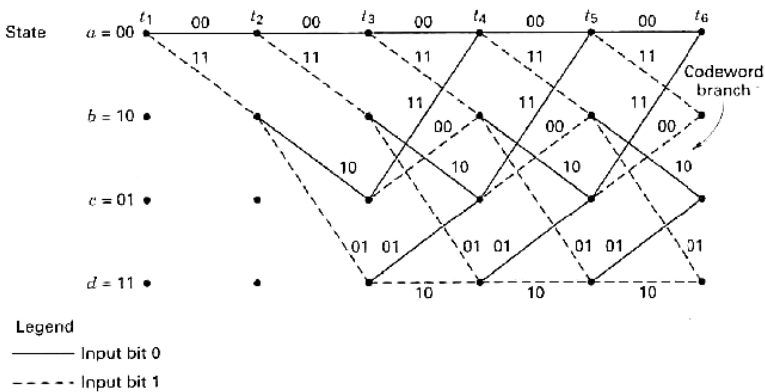
*Encoder* kode konvolusi dapat direpresentasikan dengan diagram state. State diagram digunakan untuk mempresentasikan proses pengkodean yang berbentuk diagram sederhana. Diagram state akan menunjukkan kemungkinan keadaan dan transisinya dari satu keadaan ke keadaan lainnya. Diagram state ditunjukkan pada gambar 2.9 berikut.



Gambar 2.9 Diagram State Rate = 1/2 dan K = 3

### 2.3.3 Diagram Trellis

Diagram trellis merupakan bentuk penyederhanaan dari diagram tree yang merupakan representasi dari keluaran. Ada empat keadaan yang diletakkan sepanjang sumbu vertical, sedangkan transisi diantara state-state direpresentasikan dengan garis vertical dan diagonal yang malang-melintang ( menyerupai kisi-kisi atau teralis) yang bergerak ke kanan seiring pertambahan waktu. Contoh untuk diagram trellis dapat dilihat pada gambar 2.10. Diagram ini biasanya digunakan untuk memudahkan dalam proses *decoding*.



Gambar 2.10 Diagram Trellis Rate = 1/2 dan K = 3

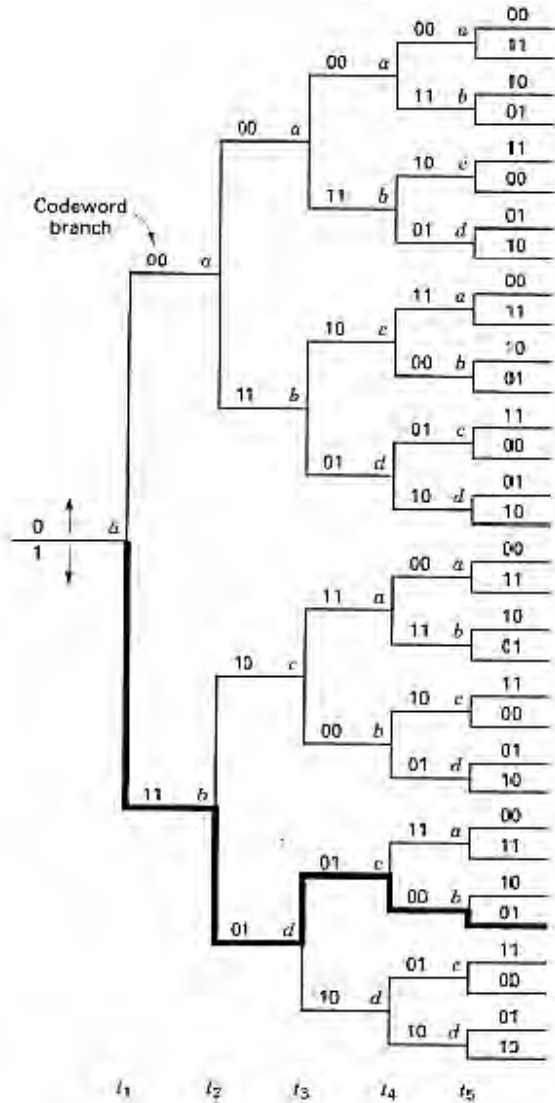
### 2.3.4 Diagram Tree

Menunjukkan struktur *encoder* dalam bentuk diagram tree dengan cabang-cabangnya menunjukkan variasi keadaan dan keluaran yang mungkin terjadi. Seperti pada gambar 2.11.

## 2.4 Algoritma Viterbi

Algoritma Viterbi adalah metode yang digunakan untuk decoding pada kode konvolusi. Algoritma Viterbi menggunakan diagram trellis dari kode konvolusi. Pada penerima, *decoder* Viterbi dapat (berusaha) mengembalikan sinyal yang salah pada saat transmisi ke sinyal yang benar dengan menyimpan beberapa data sebelumnya, mengkalkulasi 'jarak konstelasi' antar data yang berurutan, dan memperkirakan data yang paling mungkin diterima sehingga bit yang salah dapat dideteksi

dan diperbaiki. Dengan menggunakan *Hamming distance* dapat mengakumulasi kesalahan metric pada setiap state [6].



Gambar 2.11 Diagram Tree Rate = 1/2 dan K = 3

Proses *decoding* menggunakan algoritma Viterbi adalah sebagai berikut:

1. Menambahkan, pada setiap siklus *branch* metric menambahkan satu per satu dari node (state) dengan yang sebelumnya
2. Membandingkan, jalur metric yang menuju keadaan *encoder* dibandingkan
3. Memilih, jalur *likelihood* tertinggi (survivor) yang menuju ke keadaan *encoder* dipilih, sedangkan yang terendah dibuang.

*Hamming distance* d adalah jumlah bit atau karakter yang berbeda antara dua vector yang dibandingkan, misal *Hamming Distance* antara 101 dengan 100 adalah 2. Terdapat dua bit yang berbeda pada masing2 posisi vector di atas.

*Branch* metric adalah *hamming Distance* antara symbol yang diterima atau input *Viterbi decoder* dengan semua *symbol* yang mungkin diterima. *Branch* metric dapat juga dikatakan sebagai *error* metric.

*Error* metric dari tiap jalur pada trellis akan diakumulasikan tiap waktu dengan metric *error* sebelumnya. Jika terdapat dua jalur yang tiba pada satu node atau simpul yang sama pada trellis, maka akan dipilih jalur dengan nilai *error* metric terendah. *Path history* merupakan jalur trellis dari *branch* metric yang sedang mengalami proses akumulasi *error* metric.

## 2.5 Coding Gain[9]

Coding gain adalah ukuran perbedaan signal-to-noise ratio ( SNR ) antara sistem uncoded dan sistem kode yang digunakan untuk mencapai tingkat kesalahan bit yang sama ( BER ) bila digunakan dengan mengoreksi kesalahan kode ( ECC ).

Misalnya jika sistem BPSK uncoded di channel AWGN memiliki tingkat kesalahan bit ( BER )  $10^{-2}$  saat SNR 4 dB , dan sesuai kode ( misalnya , BCH ) sistem memiliki BER yang sama pada SNR dari 2,5 dB , maka coding gain = 4 dB - 2,5 dB = 1,5 dB.

## 2.6 Wireless Open-Access Research Platform (WARP)

WARP merupakan salah satu perangkat radio yang bisa diprogram untuk membuat prototype jaringan wireless. WARP menggabungkan perangkat dengan kemampuan tinggi yang bisa diprogram dengan *repository open-source* [5].

Pada dasarnya, WARP merupakan salah satu bentuk *Software Defined Radio* yang dikembangkan sebagai modul penelitian tentang sistem komunikasi nirkabel. WARP merupakan sebuah FPGA (*Field Programmable Gate Array*) atau modul DSP (*Digital Signal Processing*) yang terhubung dengan modul radio.

WARP sendiri bisa diprogram melalui komputer dengan bantuan *software Xilinx* atau penggunaannya bisa dilakukan melalui *software* yang dikembangkan khusus yaitu WARPLab. *Software* ini bekerja melalui Matlab untuk memberikan perintah pada WARP, misalnya, membaca register, mematikan atau menyalakan radio dan mengirim data.

WARP memiliki empat radio board yang bisa diatur secara terpisah yang dapat dilihat pada gambar 2.12. Masing-masing berkerja sebagai *transceiver* dan memiliki register tersendiri.



Gambar 2.12 Radio Board WARP



Komponen utama dari node WARP yaitu:

1. FPGA board

Merupakan inti pemrosesan SDR. Pada implementasi dengan *sysgen* misalnya, *High Density Language* (HDL) dapat diprogram pada FPGA.

2. Radio board

Merupakan interface dari domain digital ke domain analog. Pada proses konversi dari digital ke analog dan sebaliknya, radio board menggunakan A/D (Analog-to-Digital) dan D/A (Digital-to-Analog) converter. Radio board juga melakukan proses modulasi dan demodulasi baseband.

Platform WARP didesain untuk memenuhi sistem komunikasi nirkabel tingkat tinggi. Arsitektur platform ini terdiri dari empat komponen. Yaitu :

1. *Custom Hardware*

Perangkat keras yang dirancang sesuai kebutuhan komunikasi dengan kinerja yang tinggi. Mampu diimplementasikan pada kecepatan algoritma yang intensif.

2. *Platform Support Packages*

Membutuhkan sejumlah alat pendukung untuk memaksimalkan fungsi dari semua interface dan peripheral. Ada empat tingkat fungsionalitas platform support yaitu:

- a. Low-level Support
- b. *Logika-PowerPC Support*
- c. *Peripherals Support*
- d. *Board-to-Board Support*

3. *Open-Access Repository*

Repositori berfungsi sebagai arsip untuk semua aspek dari platform, termasuk desain, dokumentasi perpustakaan, dan contoh aplikasi.

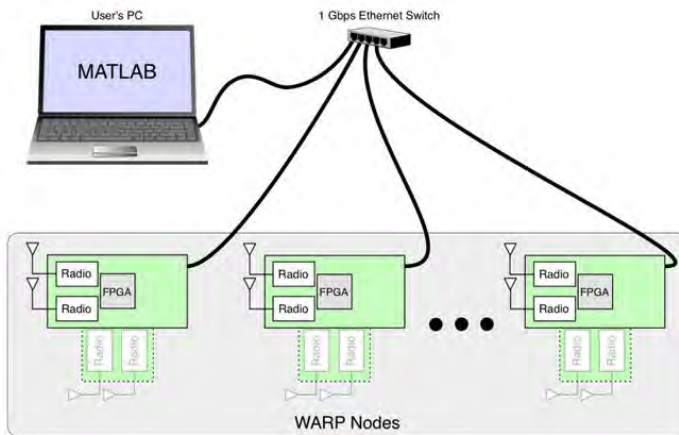
4. *Research Applications*

Implementasi dari algoritma baru, diaktifkan oleh *hardware* khusus dan paket mendukung platform.

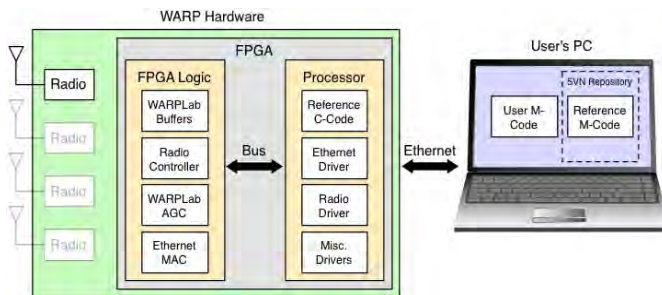
Proses penggunaan WARP dibantu dengan *framework* yang disebut WARPLab. Saat ini, versi yang akan digunakan pada tugas akhir ini adalah versi 7.

## 2.7 WarpLab 7

WarpLab merupakan sebuah *framework* yang digunakan untuk desain *physical layer*. Penggunaan dari WARPLab memungkinkan kombinasi dari beberapa system multi-antena. *Framework* yang digunakan memiliki fleksibilitas untuk pengembangan *system* dengan banyak *node*. Masing-masing *node* yang diprogram melalui WARPLab terhubung dengan komputer melalui *switch Ethernet*, dengan menggunakan system ini, *node* dapat diprogram untuk mengirim data dan menerima data melalui MATLAB [7].



Gambar 2.13 Penggunaan Framework WarPLab



Gambar 2.14 Penggunaan WARPLab

WARPLab *Framework* adalah arsitektur yang sangat umum dan *fleksibel* untuk pengembangan algoritma *physical layer*. Salah satu *framework* adalah WARPLab *Reference Design*, yang memungkinkan pengolahan sample I/Q di MATLAB secara *offline*.

## 2.8 Software Defined Radio (SDR)

*Software defined radio* (SDR) adalah *system* radio dimana skema demodulasi dan pemrosesan sinyal *diimplementasikan* menggunakan perangkat lunak. Penggunaan SDR bertujuan untuk mengurangi pergantian *hardware* secara terus-menerus sehingga lebih menghemat biaya. Penerapan teknologi SDR tidak hanya di perangkatnya saja, tetapi juga mengimplementasikan beberapa standar komunikasi. Hal ini dapat mengurangi waktu untuk modifikasi *software* tanpa pendesainan ulang *hardware*. Sebagai *platform general-purpose hardware*, SDR dapat dengan mudah memperbarui fungsi komunikasi nirkabel yang ada dan sepenuhnya memenuhi layanan multimedia.

Beberapa keuntungan SDR :

1. *Interoperability*  
SDR dapat berkomunikasi dengan beberapa radio yang tidak kompatibel atau bertindak sebagai jembatan antara radio.
2. Efisien digunakan di berbagai kondisi  
SDR dapat menyesuaikan gelombang untuk memaksimalkan *key metric*
3. *Cognitive radio*  
SDR dapat memanfaatkan *spectrum* radio yang kurang dimanfaatkan. Teknik ini memiliki potensi untuk meningkatkan jumlah *spectrum* yang tersedia.
4. Mengurangi *obsolescence*  
SDR dapat digunakan untuk mendukung standar komunikasi terbaru.
5. Biaya murah  
SDR dapat digunakan untuk beberapa aplikasi.
6. Penelitian dan pengembangan  
SDR dapat digunakan untuk pengimplementasian banyak bentuk gelombang yang berbeda pada analisa *real time*. Sehingga bisa jauh lebih cepat daripada simulasi.

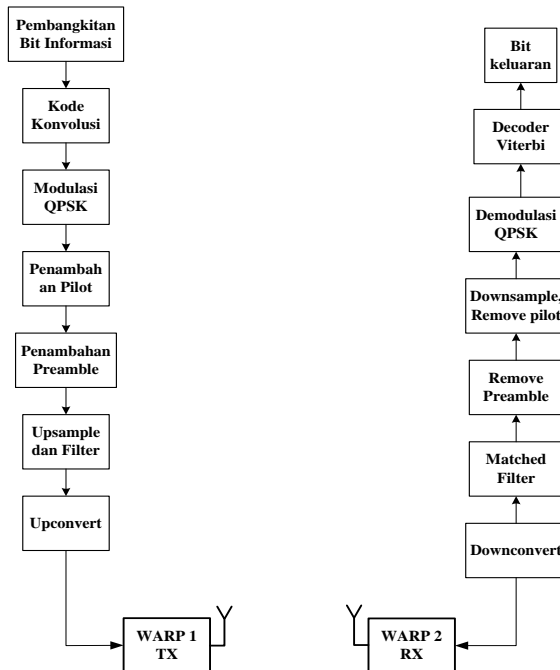
## BAB III

### PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM

Pada bab ini akan dijelaskan tentang pemodelan system komunikasi SISO dengan kode Konvolusi menggunakan modulasi QPSK sehingga dapat diimplementasikan pada modul WARP.

#### 3.1 Pemodelan Sistem Komunikasi

Sebelum dilakukan Implementasi pada modul WARP terlebih dahulu dilakukan pemodelan *system* komunikasi dengan menggunakan program matlab. Blok diagram pemodelan sistem dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem Komunikasi SISO dan Kode Konvolusi dengan Teknik Modulasi QPSK

Secara umum blok diagram *system* komunikasi dengan kode konvolusi ini tidak jauh berbeda dengan *system* komunikasi SISO lainnya. Dimana pada pemancar setelah bit dibangkitkan di encoder terlebih dahulu dengan menggunakan kode konvolusi sesuai *code rate* yang ditentukan selanjutnya di modulasi menggunakan modulasi QPSK dan kemudian pada penerima setelah demodulasi dilakukan *decoder* dengan menggunakan *algoritma viterbi* sehingga diperoleh bit keluaran. Selanjutnya dilakukan perhitungan BER dengan membandingkan bit masukan sebelum *encoder* dan bit keluaran setelah *decoder*.

### 3.1.1 Parameter Sistem Komunikasi

Pemodelan dan implementasi *system* komunikasi ini menggunakan beberapa parameter. Berikut ini merupakan parameter-parameter yang digunakan :

1. Modulasi yang digunakan modulasi QPSK (*Quadrature Phase Shift Keying*)
2. Filter yang digunakan yaitu *Squared Root Raised Cosine* (SRRC)
3. *Code Rate* yang digunakan yaitu 1/2, 2/3, 3/4., 5/6, 7/8.
4. *Orde filter*, 64
5. Faktor *rolloff*, 0.3
6. Jumlah preamble, 18
7. Jumlah sample, 8
8. *Up converter* dan *down converter*, 5 MHz
9. *Transmitter baseband gain*, 0-3
10. *Transmitter RF gain*, 0-63
11. *Receiver basedband gain*, 0-31
12. *Receiver RF gain* , 1-3
13. *Carrier channel*, 3-11
14. Frekuensi sampling, 40 MHz

### 3.1.2 Proses Pada Blok Pengirim

Berikut merupakan langkah-langkah pada blok pengirim Tx :

#### 1. Pembangkitan Bit Informasi

Pada simulasi ini dilakukan pembangkitan bit informasi, bit informasi dibangkitkan secara acak dalam bentuk biner. Bit informasi dibangkitkan menggunakan fungsi '*randint*' pada matlab. Setiap bit informasi yang dibangkitkan saling bebas dan tidak mempengaruhi satu

sama lainnya dan memungkinkan terjadinya pengulangan atau mendapatkan nilai bit yang sama.

## 2. *Encoder* dengan kode konvolusi

Bit informasi yang telah dibangkitkan dikodekan dengan menggunakan kode konvolusi yang pada matlab menggunakan fungsi “*convenc*”. Bit informasi dikodekan sesuai *code rate* yang digunakan. Dimana untuk pengkodean dengan kode konvolusi menggunakan metode trellis. Metode trellis merupakan parameter dari *encoder* atau *decoder* yang menunjukkan nilai *constrain length* K, *input* k dan *output* n. Metode trellis memiliki generator matriks dalam bentuk octal dan nilai generator matriks ini akan diubah-ubah sesuai *constrain length* dan *code* ratenya.

## 3. Proses Modulasi

Hasil dari pengkodean yang berupa data biner akan dimodulasi, modulasi yang digunakan adalah modulasi QPSK dimana modulasi QPSK setiap 2 bit masukan akan dikodekan dalam 1 bit keluaran.

## 4. Penambahan *Pilot*

Setelah modulasi kemudian dilakukan penambahan *pilot*. Penambahan *pilot* digunakan sebagai respon estimasi kanal. *Symbol* *pilot* disisipkan secara periodik.

## 5. Penambahan *Preamble*

Penambahan *preamble* dimaksudkan untuk sinkronisasi transmisi dengan menggunakan deretan bit yang telah diketahui oleh *system* yang diletakkan pada awal atau akhir deretan bit informasi.

## 6. *Upsample* dan *Filter SRRC*

*Upsample* bertujuan untuk meningkatkan *sampling rate* dari data yang dikirim sesuai dengan jumlah *sample* yang digunakan sehingga diperoleh sinyal baru hasil *sampling*. *Sample* yang digunakan yaitu 8. Kemudian hasil *sampling* akan di filter dengan menggunakan filter *Squared Root Raised Cosine* (SRRC).

## 7. *Upconvert*

*Upconvert* menggunakan frekuensi 5 MHz. *upconvert* ke frekuensi yang lebih tinggi dengan menggeser frekuensi tengah sinyal *baseband*

dilakukan untuk menghindari pelemahan dari radio DC pada saat pengiriman sinyal.

### 3.1.3 Pengiriman menggunakan Modul WARP

Pada proses pengiriman menggunakan 2 modul WARP, satu sebagai pemancar Tx dan satu lagi sebagai penerima Rx. Proses pengirim dan penerima menggunakan fungsi yang sudah ada pada WarpLab, dengan menggunakan parameter-parameter *channel*, *Transmitter baseband gain*, *Transmitter RF gain*, *Receiver basedband gain*, *Receiver RF gain*.

### 3.1.4 Proses Pada Blok Penerima

Proses yang ada pada blok penerima kebalikan dari blok pengirim.

#### 1. *Downconvert*

Setelah bit diterima pada rangkaian penerima dilakukan lagi proses *downconvert*, Pada proses ini dilakukan pengalihan sinyal dengan konjugat dari frekuensi *upconvert*.

#### 2. *Match Filter*

Selanjutnya di *match filter*, frekuensi tinggi yang dihasilkan dari proses *downconvert* akan dihilangkan dengan *match filter* agar sesuai dengan bentuk pulsa *raised cosine* di sisi pengirim.

#### 3. *Remove preamble, Downsample* dan *Remove Pilot*

Setelah di *match filter* selanjutnya dilakukan proses *remove preamble*. Untuk mengembalikan bentuk bit seperti ke sisi pengirim. Dilanjutkan *downsample* dan *remove pilot*.

#### 4. Demodulasi QPSK.

Setelah itu dilakukan demodulasi, untuk mengembalikan nilai biner ke bentuk semula seperti sebelum dilakukannya modulasi.

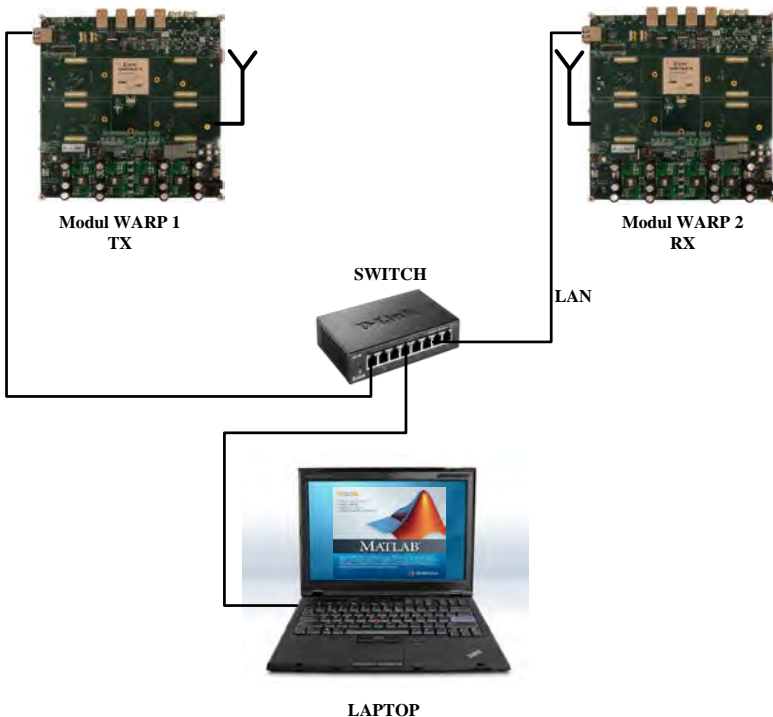
#### 5. *Algoritma Viterbi*

Selanjutnya hasil bit demodulasi di *decoder* menggunakan *algoritma viterbi* dengan menggunakan fungsi “*vitdec*” pada matlab dengan menggunakan diagram trellis.

### 3.2 Implementasi Pada WARP

Untuk mengimplementasikan *system* komunikasi pada WARP terlebih dahulu harus dilakukan integrasi antara PC dengan modul WARP. Perintegrasi PC dengan modul WARP dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

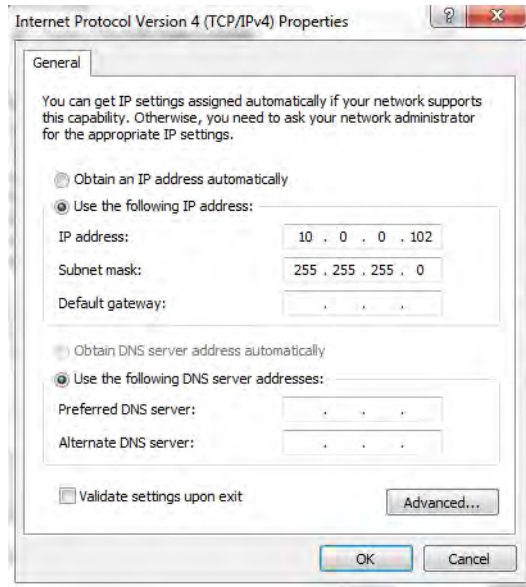
1. Pada tugas akhir ini menggunakan 2 modul WARP yang berfungsi sebagai Tx (pengirim) dan Rx (penerima). Masing-masing modul WARP dan PC disambungkan dengan menggunakan *switch* dan kabel LAN. Dapat dilihat seperti gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Konfigurasi Sistem Komunikasi SISO dengan WARP

2. Mengatur IP pada PC/Laptop





Gambar 3.3 *Setting IP pada Komputer*

3. Buka *Command Prompt*, lakukan : ping 10.0.0.1 untuk WARP Node 1 dan ping 10.0.0.2 untuk WARP Node 2. Ini untuk melihat apakah antara Komputer dan WARP telah tersambung.



Gambar 3.4 *Ping IP untuk Node 1 dan Node 2 WARP*

4. Buka Matlab pilih folder *M\_Code\_Reference*, pada *Command Window* Setup WARPLab : `wl_setup` dan *Check Connection* : `wl_initNodes(2)`

```

Command Window
New to MATLAB? Watch this Video, see Demos, or read Getting Started.

Setup Complete
wl_ver():
WARPLab v7.1.0
>> wl_initNodes(2)

ans =

Displaying properties of 2 wl_node objects:
| ID | WLVER | HWVER | Serial # | Ethernet MAC Addr | Address |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0 | 7.1.0 | 2 | N/A | 00-50-C2-63-30-00 | 10.0.0.1 |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 | 7.1.0 | 2 | N/A | 00-50-C2-63-30-01 | 10.0.0.2 |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|
f0 >>

```

Gambar 3.5 *Check Connection* WARP pada Matlab

5. Setelah itu program matlab dapat dijalankan.

Pada Tugas Akhir ini seperti yang terdapat pada gambar 3.2 diatas, implementasi kode konvolusi pada WARP dengan system komunikasi SISO menggunakan 2 node WARP. Node 1 berfungsi sebagai pengirim dan node 2 berfungsi sebagai penerima, dan untuk slot radio board yang digunakan yaitu slot RFA pada pemancar dan juga slot RFA pada penerima. Pengaturan slot radio board yang digunakan dapat di setting pada program matlab.

### 3.3 Metode Pengukuran

Pada Tugas Akhir ini pengukuran dilakukan didalam ruangan (indoor) yaitu di ruang B304 Laboratorium Telekomunikasi Multimedia Jurusan Teknik Elektro. Pengukuran dilakukan secara LOS dan NLOS. Dimana jarak antara pengirim (TX) dan penerima (RX) adalah 2, 4 dan 6 meter. Pengukuran ditunjukkan seperti pada gambar 3.6 untuk LOS dan 3.7 untuk NLOS. Pada pengukuran sebenarnya hanya menggunakan satu antenna pada pemancar dan satu antenna lagi pada penerima. Pada gambar 3.6 dan gambar 3.7 terdapat dua antenna pada masing-masing WARP itu tujuannnya adalah untuk mengurangi resiko kerusakan perangkat pada saat pengukuran. Pada Pengukuran yang di ukur adalah nilai bit error rate dari perbandingan bit inputan dan bit keluaran.



Gambar 3.6 Pengukuran Pada Kondisi LOS Jarak 4 meter



Gambar 3.7 Pengukuran Pada Kondisi NLOS Jarak 4 meter

### **3.4 Perhitungan BER**

Perhitungan BER dilakukan dengan membandingkan bit masukan dan bit keluaran, bit masukan yang berupa data sebelum di encoder menggunakan kode konvolusi dan bit keluaran berupa data setelah di dekoder menggunakan algoritma Viterbi.

a. Perhitungan BER dengan mengubah Daya Pancar

Pengukuran Ber terhadap fungsi daya pancar dilakukan dengan mengatur jarak antara masing-masing pemancar Tx dan penerima Rx sesuai jarak pengukuran yang dilakukan. Kemudian untuk mengetahui pengaruh daya pancar terhadap BER daya pancar di ubah-ubah. Pada modul WARP ini perubahan nilai daya pancar ditentukan oleh pengaturan gain pemancar. Nilai gain yang diizinkan pada WARP adalah 0 – 63 dB.

b. Perhitungan BER dengan mengubah jarak

Untuk pengukuran BER terhadap jarak dilakukan dengan gain tetap tidak di ubah-ubah, yang diubah adalah jarak antara pemancar Tx dan penerima Rx. Jarak yang digunakan pada paengukuran ini yaitu 6 meter, 4 meter dan 2 meter.

Halaman Ini Sengaja di Kosongkan

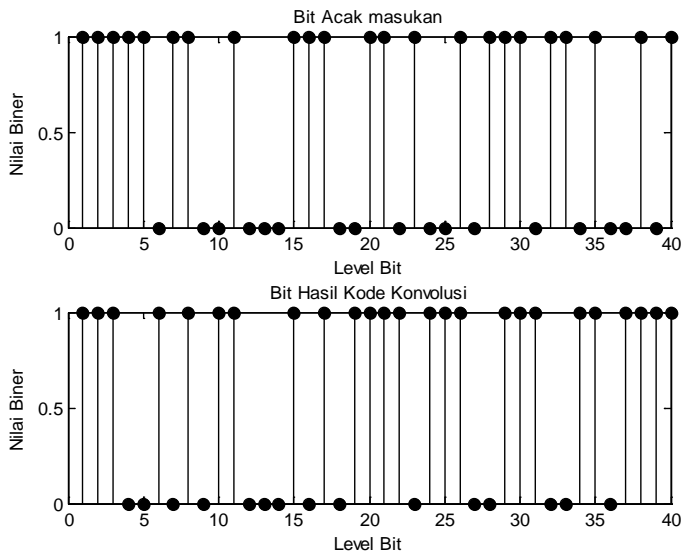
## BAB IV

### HASIL PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pada bab ini dibahas hasil pengujian dan analisis dari implementasi kode konvolusi pada teknik modulasi QPSK dengan menggunakan Wireless Open Access Research Platform (WARP). Analisis dilakukan dengan membandingkan *Bit Error Rate* dengan gain berbeda pada pemancar Tx dan mengukur pada jarak yang berbeda.

#### 4.1 Hasil Pengukuran

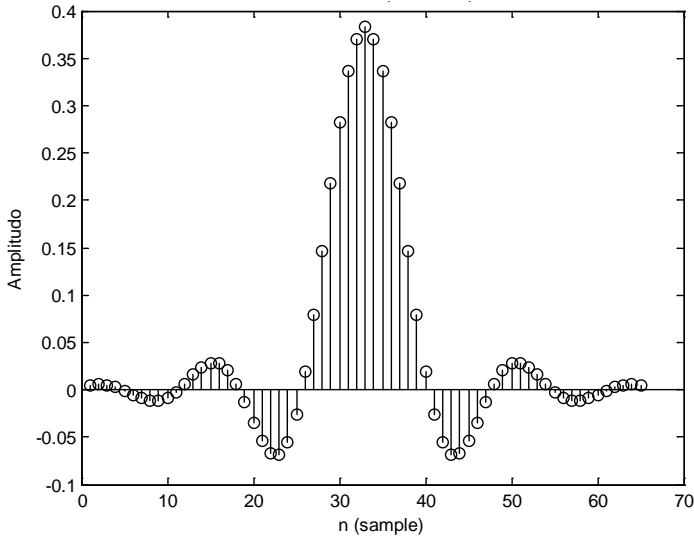
Pengukuran dan pengambilan data dilakukan didalam ruangan (*indoor*), dengan jarak dan daya pancar yang berbeda.



Gambar 4.1 Bit Acak Masukan dan Bit Hasil Kode Konvolusi

Berdasarkan gambar 4.1 dapat dilihat hasil bit acak yang digunakan sebagai masukan pada proses *encoder* dan hasil dari *encoder*. Proses *encoder* dengan kode konvolusi dilakukan dengan menggunakan *code rate* yang berbeda yaitu  $1/2$ ,  $2/3$ ,  $3/4$ ,  $5/6$  dan  $7/8$ . Untuk inputan bit yang digunakan pada masing-masing *code rate* berbeda karena hasil

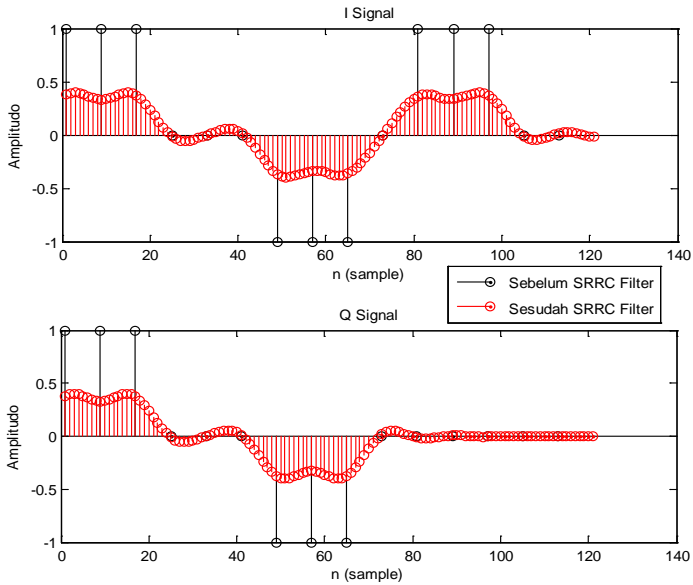
dari *encoder* akan dimodulasikan dan hasil modulasi harus sesuai dengan jumlah bit yang dikirimkan dalam satu kali pengiriman. Pada tugas akhir ini *poly2trellis* yang digunakan yaitu ( 3, [5 7] ) untuk *rate* 1/2 dengan  $K = 3$  dan  $m = 2$ .



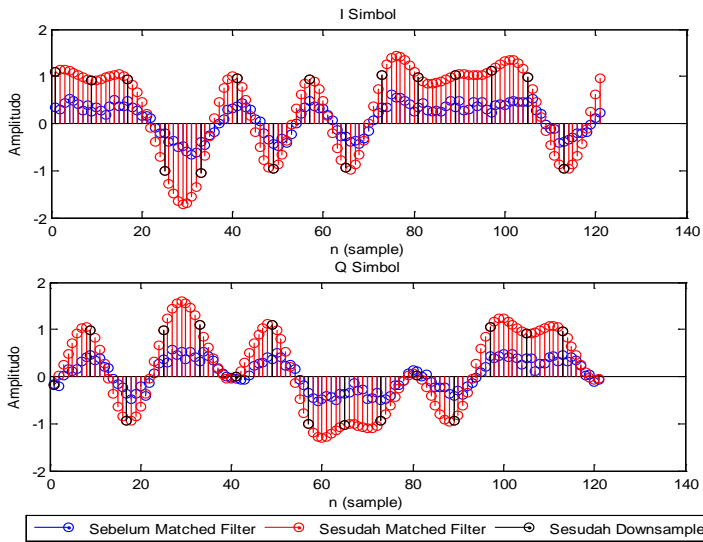
Gambar 4.2 *Respon Impuls* dari Filter *Raised Cosine*

Pada gambar 4.2 dapat dilihat *respon impuls* dari filter *Squared Root Raised Cosine* (SRRC). Dengan menggunakan fungsi “*rrcfilter*” dan “*rcosflt*” pada matlab dengan *roll-off factor* = 0.3. Untuk output hasil filter SRRC ditunjukkan pada gambar 4.3.

Hasil dari proses *match filter* ditunjukkan pada gambar 4.4, dimana fungsi dari *match filter* adalah menghilangkan frekuensi tinggi dari hasil proses *downconvert* agar sesuai dengan bentuk pulsa *raised cosine* pada sisi pengirim. Bit Hasil Demodulasi dan hasil decoder menggunakan algoritma viterbi dapat dilihat pada gambar 4.5. Untuk Konstelasi QPSK yang dihasilkan ditunjukkan pada gambar 4.6.

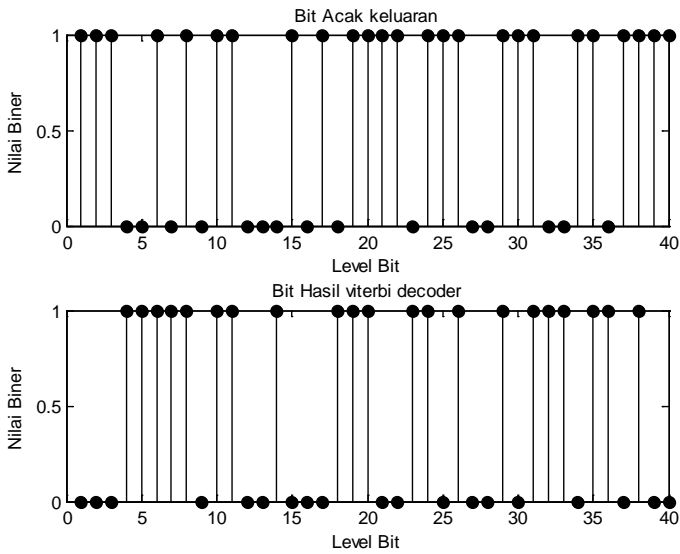


Gambar 4.3 Sinyal Filter SRRC

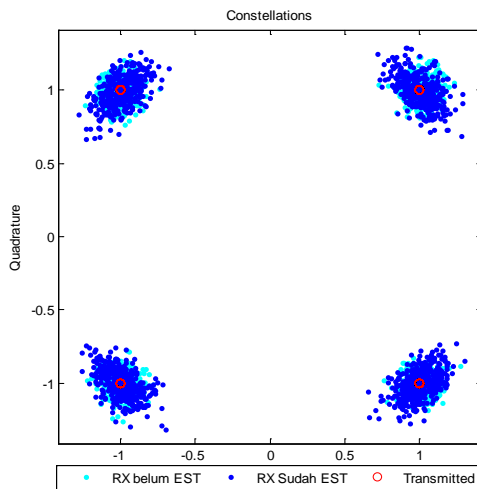


Gambar 4.4 Sinyal Proses *Match Filter*





Gambar 4.5 Bit Hasil Demodulasi dan *Decoder Viterbi*



Gambar 4.6 Konstelasi Modulasi QPSK

## 4.2 Analisis Hasil Pengukuran

Analisis hasil dilakukan setelah pengukuran di dalam ruangan (*indoor*) dengan teknik Modulasi QPSK menggunakan Kode Konvolusi dengan mengubah jarak antara *node* pengirim Tx dan penerima Rx untuk mendapatkan nilai *Bit Error Rate* (BER). Pengukuran juga dilakukan dengan mengubah nilai daya pancar untuk mendapatkan nilai BER.

### 4.2.1 Kinerja system pada kondisi LOS dan NLOS

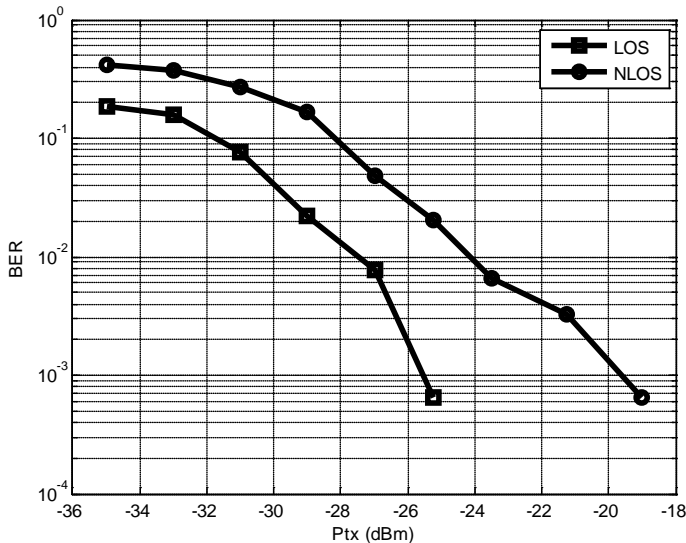
Analisis pada kondisi *Line Of Sight* (LOS) dan *Non Line Of Sight* (NLOS) yang dilakukan pengukuran pada jarak 6 meter dengan *rate* 1/2 menggunakan penghalang berupa kawat seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.7 sebelumnya. Jumlah bit yang diinputkan pada *rate* 1/2 yaitu 1536 bit, dengan  $tx\_gain\_bb = 1$ ,  $rx\_gain\_RF = 1$ ,  $rx\_gain\_bb = 7$  dan gain yang diubah-ubah sehingga didapatkan nilai BER = 0 seperti pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran BER Pada Kondisi LOS dan NLOS Jarak 6 meter *Code Rate* 1/2

Tx_Gain_Rf	LOS	NLOS
0	0.18587	0.4214
4	0.15788	0.3692
8	0.076321	0.2688
12	0.022179	0.1657
16	0.0078278	0.0483
20	0.00065232	0.0202
24	0	0.0065
28	0	0.0033
32	0	6.52E-04
36	0	0

Dari tabel 4.1 diatas dapat diketahui pada saat kondisi LOS nilai BER telah mencapai nol pada saat  $Tx\_Gain\_Rf = 24$  sedangkan untuk kondisi NLOS nilai BER mencapai nol pada  $Tx\_Gain\_Rf = 36$ . Hal ini menunjukkan kondisi LOS lebih baik daripada kondisi NLOS yang mana kawat penghalang tersebut memberikan pengaruh cukup besar terhadap proses pentransmisian data dan dapat mempengaruhi daya terima pada penerima.

Kurva BER untuk kondisi LOS dan NLOS pada jarak 6 meter dapat dilihat pada gambar 4.7. Pada gambar tersebut dapat diketahui saat kondisi LOS nilai BER = 0 yaitu pada saat daya pancar sebesar -25.2 dBm dan untuk kondisi NLOS nilai BER = 0 pada saat daya pancar sebesar -19 dBm. Jadi dapat diketahui kondisi NLOS membutuhkan daya pancar yang lebih besar daripada kondisi LOS.

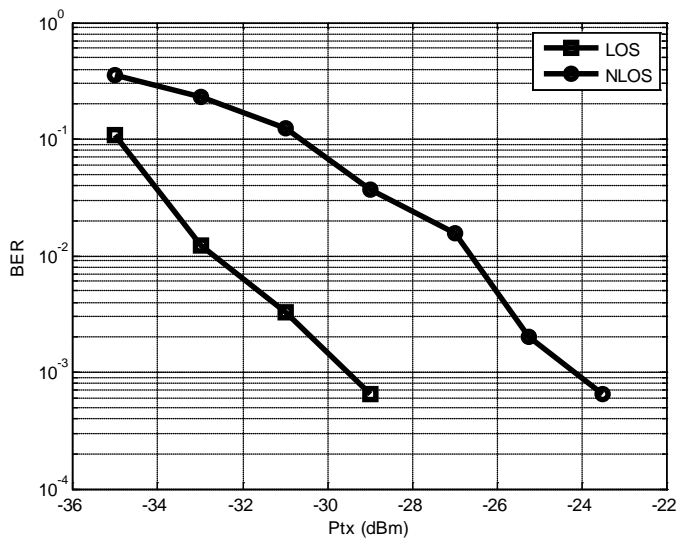


Gambar 4.7 Kurva BER Pada Kondisi LOS dan NLOS Jarak 6 meter  
Code Rate 1/2

Kondisi LOS dan NLOS jarak 4 meter dapat dilihat pada tabel 4.2 dan gambar 4.8 menunjukkan perbedaan yang cukup jauh. Pada kondisi LOS nilai BER sudah nol pada  $Tx\_Gain\_Rf = 16$  atau daya pancar -29 dBm, dan kondisi NLOS bernilai nol pada  $Tx\_Gain\_Rf = 28$  atau daya pancar -23.5 dBm. Hal ini dipengaruhi oleh kawat penghalang dan kondisi channel yang digunakan pada proses pengiriman.

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran BER Pada Kondisi LOS dan NLOS Jarak 4 meter Code Rate 1/2

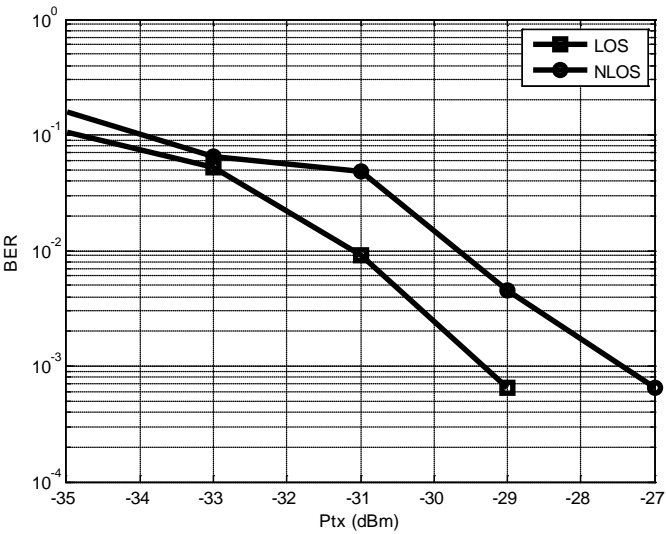
Tx_Gain_Rf	LOS	NLOS
0	0.1076	0.3516
4	0.0124	0.2316
8	0.0033	0.1252
12	6.52E-04	0.0372
16	0	0.0157
20	0	0.002
24	0	6.52E-04
28	0	0
32	0	0
36	0	0



Gambar 4.8 Kurva BER Pada Kondisi LOS dan NLOS Jarak 4 meter Code Rate 1/2

Tabel 4.3 Hasil Pengukuran BER Pada Kondisi LOS dan NLOS Jarak 2 meter Code Rate 1/2

Tx_Gain_Rf	LOS	NLOS
0	0.10633	0.15656
4	0.052185	0.064579
8	0.0091324	0.048924
12	0.00065232	0.0045662
16	0	0.00065232
20	0	0
24	0	0
28	0	0
32	0	0
36	0	0



Gambar 4.9 Kurva BER Pada Kondisi LOS dan NLOS Jarak 2 meter Code Rate 1/2

Pada jarak 2 meter dari hasil pengukuran BER bernilai nol pada saat Tx\_Gain\_Rf = 16, daya pancar -29 dBm untuk kondisi LOS , ini sama dengan kondisi pada jarak 4 meter. Tetapi untuk kondisi NLOS

bernilai nol pada saat  $Tx\_Gain\_Rf = 20$ , daya pancar  $-27$  dBm. Seperti pada tabel 4.3 dan gambar kurva BER pada gambar 4.8.

Jadi dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa dengan adanya kawat penghalang atau kondisi NLOS sangat mempengaruhi daya pancar dan daya terima pada proses pentransmisian data. Kondisi LOS diketahui lebih baik dari pada kondisi NLOS, dimana pada saat daya pancar sama nilai BER pada kondisi LOS lebih kecil dibandingkan nilai BER pada kondisi NLOS.

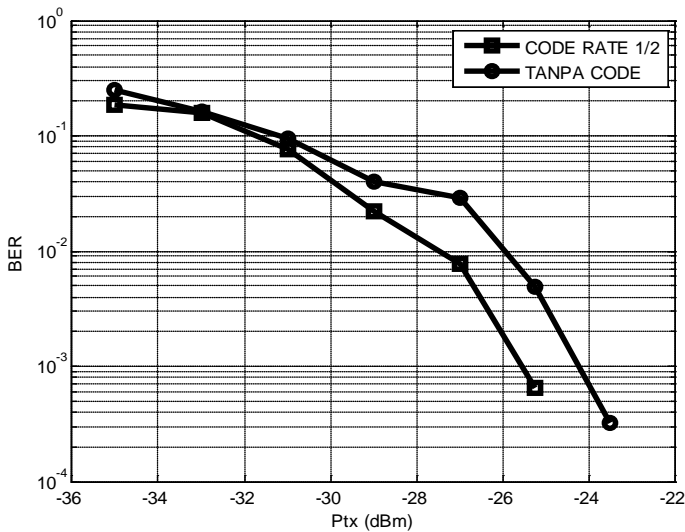
#### 4.2.2 Kinerja Sistem dengan Kode Konvolusi dan Tanpa Kode Konvolusi

Tabel 4.4 Hasil Pengukuran BER Untuk Kode Konvolusi dengan Code Rate 1/2 dan Tanpa Kode Konvolusi Pada Jarak 6 meter

Tx_Gain_Rf	Rate 1/2	Tanpa Code
0	0.18587	0.24984
4	0.15788	0.16112
8	0.076321	0.09375
12	0.022179	0.040039
16	0.0078278	0.029297
20	0.00065232	0.0048828
24	0	0.00032552
28	0	0
32	0	0
36	0	0

Dari hasil pengukuran tabel 4.4 dan gambar 4.10 untuk kondisi dengan Kode konvolusi dan tanpa kode konvolusi dapat diketahui bahwa dengan menggunakan kode konvolusi dapat memperbaiki BER. Pada jarak 6 meter saat  $Tx\_Gain\_Rf = 24$  dengan daya pancar  $-23.5$  dBm, untuk kondisi tanpa menggunakan kode konvolusi BER = 0.00032552 sedangkan dengan menggunakan kode konvolusi dengan code rate 1/2 BER bernilai 0.

Dari Kurva BER pada gambar 4.10 dapat diketahui gain code untuk code rate 1/2 dengan jarak 6 meter pada saat nilai BER  $10^{-3}$  yaitu: Gain code =  $-24.4$  dBm  $- (-25.6)$  dBm =  $1.2$  dB



Gambar 4.10 Kurva Perbandingan BER Untuk Kode Konvolusi dengan Code Rate 1/2 dan Tanpa *Kode Konvolusi* Pada Jarak 6 meter

Tabel 4.5 Hasil Pengukuran BER Untuk Kode Konvolusi dengan Code Rate 1/2 dan Tanpa *Kode Konvolusi* Pada Jarak 4 meter

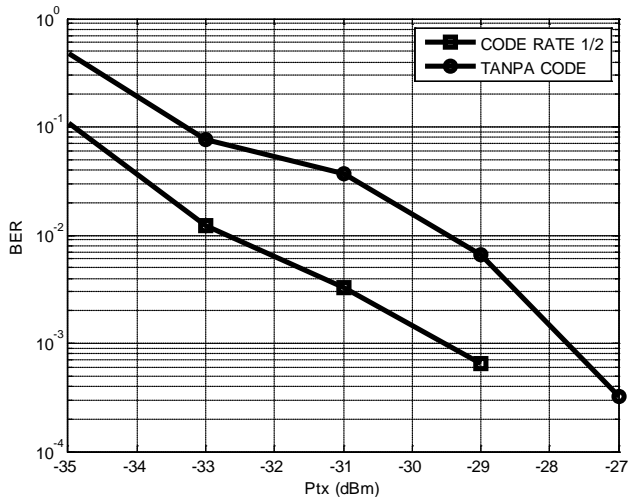
Tx_Gain_Rf	Rate 1/2	Tanpa Code
0	0.1076	0.4727
4	0.0124	0.0762
8	0.0033	0.0365
12	6.52E-04	6.50E-03
16	0	3.26E-04
20	0	0
24	0	0
28	0	0
32	0	0
36	0	0

Pada saat jarak 4 meter dari hasil pengukuran tabel 4.5 dan gambar 4.11 dengan Tx\_gain Rf = 12 dengan daya pancar -29 dBm, menunjukkan pada kondisi menggunakan kode konvolusi dengan code

rate 1/2 nilai BER lebih kecil yaitu 6.52E-04 sedangkan tanpa kode konvolusi BER lebih besar yaitu 6.50E-03.

Nilai gain code saat BER  $10^{-3}$  untuk code rate 1/2 pada jarak 4 meter yaitu :

Gain Code = -27.8 dBm – (-29.5) dBm = 1.7 dB



Gambar 4.11 Kurva Perbandingan BER Untuk Kode Konvolusi dengan Code Rate 1/2 dan Tanpa *Kode Konvolusi* Pada Jarak 4 meter

Tabel 4.6 Hasil Pengukuran BER Untuk Kode Konvolusi dengan Code Rate 1/2 dan Tanpa *Kode Konvolusi* Pada Jarak 2 meter

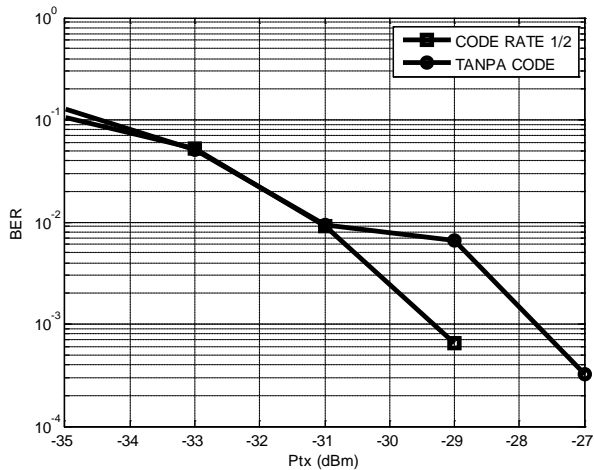
Tx_Gain_Rf	Rate 1/2	Tanpa Code
0	0.10633	0.1276
4	0.052185	0.050456
8	0.0091324	0.0094401
12	0.00065232	6.50E-03
16	0	0.000326
20	0	0
24	0	0
28	0	0
32	0	0
36	0	0



Begitu Juga pada jarak 2 meter dari hasil pengukuran pada tabel 4.6 dan gambar 4.12 nilai BER pada saat Tx\_Gain\_Rf = 12 dengan daya pancar -29 dBm, untuk kode konvolusi dengan code rate 1/2 nilai BER = 0.00065232 dan tanpa kode konvolusi nilai BER = 6.50E-03.

Nilai gain code = -27.8 dBm – (-29.4) dBm = 1.6 dB.

Jadi dapat diketahui bahwa pengiriman data pada WARP dengan kode konvolusi lebih baik dibandingkan tanpa menggunakan kode konvolusi, dimana pada daya pancar yang sama nilai BER dengan kode konvolusi lebih kecil daripada nilai BER tanpa kode konvolusi.



Gambar 4.12 Kurva Perbandingan BER Untuk Kode Konvolusi dengan Code Rate 1/2 dan Tanpa *Kode Konvolusi* Pada Jarak 2 meter

Berikut ini pada tabel 4.7 merupakan hasil perhitungan nilai gain code untuk masing-masing code rate. Kurva bit error ratenya dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 4.7 Nilai Gain Code

Code Rate	Gain Code pada BER $10^{-3}$		
	6 meter	4 meter	2 meter
1/2	1.2 dB	1.7 dB	1.6 dB
2/3	1.5 dB	1.6 dB	2 dB
3/4	1.6 dB	2 dB	1.8 dB
5/6	1.7 dB	1.8 dB	2.2 dB
7/8	1.7 dB	1.9 dB	1.8 dB

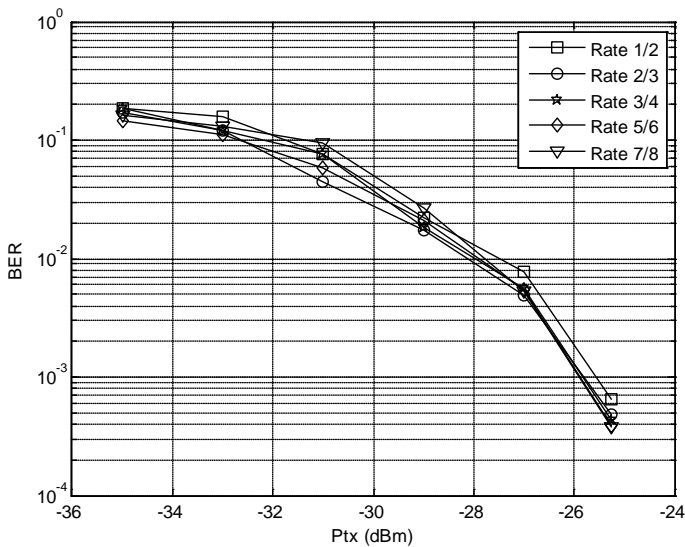
#### 4.2.3 Perbandingan Kinerja Sistem Kode Konvolusi dengan Code Rate 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 dan 7/8

Tabel 4.8 Hasil Pengukuran BER Kode Konvolusi Pada Jarak 6 meter

Tx_Gain_ RF	Rate 1/2	Rate 2/3	Rate 3/4	Rate 5/6	Rate 7/8
0	0.18587	0.17189	0.18475	0.14499	0.16085
4	0.15788	0.11998	0.12026	0.11159	0.13011
8	0.076321	0.044074	0.075381	0.058546	0.094863
12	0.022179	0.01714	0.018301	0.021218	0.026622
16	0.0078278	0.0048972	0.0056645	0.005501	0.0052493
20	0.00065232	0.00048972	0.00043573	0.00039293	0.00037495
24	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0
36	0	0	0	0	0

Setelah dilakukan implementasi pada WARP dengan kode konvolusi menggunakan rate 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 dan 7/8 pada jarak 6 meter dalam ruangan (indoor) seperti data pada tabel 4.8 diatas dan gambar 4.13, diketahui bahwa kode konvolusi dengan rate 7/8 memiliki nilai BER yang lebih kecil dibandingkan kode konvolusi dengan code rate yang lainnya. Pada saat Tx\_Gain\_Rf = 20 dengan daya pancar = - 25.2 dBm, untuk code rate 7/8 nilai BER = 0.00037495 dengan bit input = 2688 bit, code rate 5/6 nilai BER = 0.00039293 bit input 2560 bit, code rate 3/4 nilai BER = 0.00043573 bit input = 2304, code rate 2/3 nilai BER = 0.00048972 bit input = 2048, code rate 1/2 nilai BER = 0.00065232 bit input = 1536.

Perbedaan BER pada masing-masing kode rate disebabkan oleh perbedaan inputan bit yang diberikan dan jumlah constrain length K yang digunakan sama yaitu K = 3.

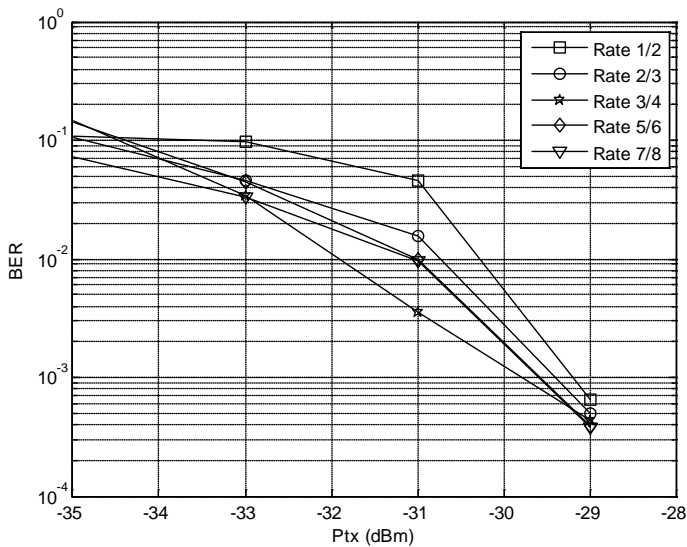


Gambar 4.13 Kurva BER Kode Konvolusi Pada Jarak 6 meter

Tabel 4.9 Hasil Pengukuran BER Kode Konvolusi Pada Jarak 4 meter

Tx_Gain _RF	Rate 1/2	Rate 2/3	Rate 3/4	Rate 5/6	Rate 7/8
0	0.1076	0.1068	0.1473	0.1407	0.0731
4	0.0985	0.0455	0.0344	0.044	0.033
8	0.0457	0.0157	0.0035	0.0098	0.0097
12	6.52E-04	4.90E-04	4.36E-04	3.93E-04	3.75E-04
16	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0
36	0	0	0	0	0

Untuk hasil pengukuran jarak 4 meter seperti pada tabel 4.9 dan gambar 4.14 juga menunjukkan bahwa kode konvolusi dengan code rate 7/8 memiliki nilai BER lebih kecil dibandingkan code rate yang lainnya.



Gambar 4.14 Kurva BER Kode Konvolusi Pada Jarak 4 meter

Demikian juga untuk pengukuran jarak 2 meter tabel 4.10 dan gambar 4.15, kode konvolusi dengan *code rate* 7/8 memiliki BER lebih kecil.

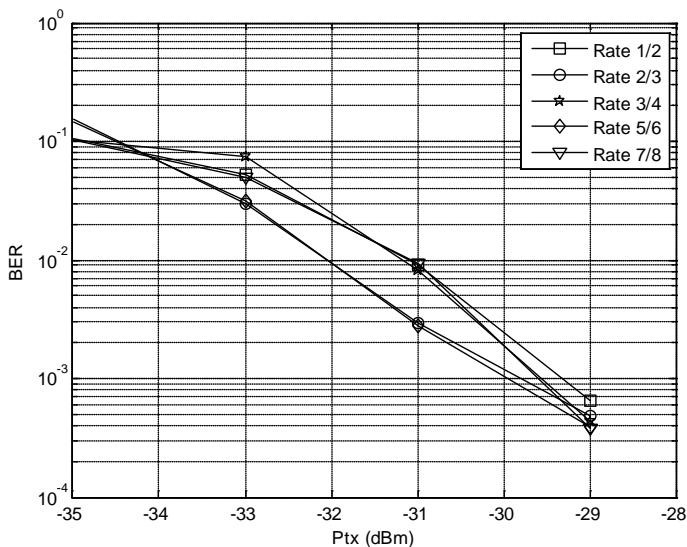
Tabel 4.10 Hasil Pengukuran BER Kode Konvolusi Pada Jarak 2 meter

Tx_Gain_ RF	Rate 1/2	Rate 2/3	Rate 3/4	Rate 5/6	Rate 7/8
0	0.10633	0.15377	0.1024	0.14774	0.10386
4	0.052185	0.029383	0.074946	0.031041	0.049119
8	0.0091324	0.0029383	0.0082789	0.0027505	0.0093738
12	0.00065232	0.00048972	4.36E-04	3.93E-04	0.00037495
16	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0
36	0	0	0	0	0

Jadi dari hasil analisa dengan mengubah-ubah jarak antar Node dan mengubah Tx\_Gain\_Rf (daya pancar) antenna dapat diketahui bahwa

semakin jauh jarak antar Node pengirim Tx dan penerima Rx maka nilai Bit Error Rate (BER) akan semakin besar, sebaliknya untuk daya pancar semakin besar daya pancar maka nilai BER akan semakin kecil.

Untuk kondisi LOS dan NLOS, kondisi LOS lebih baik dibandingkan kondisi NLOS, karena pada kondisi NLOS daya terima pada antenna penerima Rx akan lebih kecil dibandingkan kondisi LOS. Sedangkan untuk nilai BER dengan kode konvolusi dan tanpa kode konvolusi, nilai BER lebih kecil pada modulasi dengan kode konvolusi dibandingkan modulasi tanpa kode konvolusi.



Gambar 4.15 Kurva BER Kode Konvolusi Pada Jarak 2 meter

## KESIMPULAN

Setelah dilakukan implementasi dan analisa *system* komunikasi SISO dengan kode konvolusi menggunakan modulasi QPSK didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Kode Konvolusi bekerja sebagai *error control coding* untuk memperbaiki BER pada proses pentransmisian data.
2. Modulasi QPSK dengan kode konvolusi memiliki BER lebih kecil dibandingkan Modulasi QPSK tanpa kode konvolusi. Pada kode konvolusi dengan code rate 1/2 jarak 6 meter  $Tx\_gain\_RF = 24$  nilai BER = 0 sedangkan nilai BER untuk yang tanpa kode konvolusi = 0.00032552.
3. Besar kecilnya BER pada setiap *code rate* dengan modulasi QPSK dipengaruhi oleh berapa besar inputan bit yang diberikan dan constrain length K yang digunakan. Kode konvolusi dengan code rate 7/8 pada jarak 6 meter memiliki nilai BER lebih baik yaitu 0.00037495 dengan input 2688 bit dibandingkan dengan code rate 1/2, 2/3, 3/4 dan 5/6.
4. Besarnya daya pancar sangat mempengaruhi nilai BER, semakin besar daya pancar maka BER akan semakin kecil.
5. Jarak antar Node juga sangat mempengaruhi BER, semakin jauh jarak antar Node pengirim Tx dan Node penerima Rx maka BER akan semakin besar.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Amiri, K., Sun, Y., Murphy, P., Hunter, C., Cavallaro, J. R., & Sabharwal, A. “WARP, a Unified Wireless Network Testbed for Education and Research”. IEEE International Conference on Microelectronic Systems Education. 2007.
2. Proakis, John G. “*Digital Communications 4<sup>th</sup> ed*”. McGraw-Hill. 2001.
3. Sklar, Bernard. “A Tutorial On Convolutional Coding for M-Ary Signal-Trellis Codes Modulation”. Military Communications Conference. IEEE Xplore. 1988.
4. Matsumoto, Tadashi. Fumiyuki adachi. “*BER Analysis of Convolution Coded QDPSK in Digital Mobile Radio*”. IEEE Transactions on Vehicular Technology. 1991.
5. WARP Project – Wireless Open Access Research Platform. <http://warp.rice.edu/trac/wiki/about>.
6. Wesel, Richard D., “*Convolutional Codes*” University of California. Encyclopedia of Telecommunications.
7. <https://warpproject.org/trac/wiki/WARPLab>
8. Xiong, F. “*Digital Modulation Techniques*”. Boston.London: Artech House. 2000.
9. Sklar, Bernard. “ *Digital Communications Fundamentals and Applications*”. Prentice-Hall. 2001
10. Rhee, Man Young. “*Error Correcting Coding Theory*”, McGraw-Hill, 1989.
11. Lin, Shu. Daniel J. Costello, JR., “*Error Control Coding Fundamentals and Applications*”. Prentice-Hall.1983

Halaman Ini Sengaja di Kosongkan



## BIODATA PENULIS



**Desrina Elvia** dilahirkan di Kampuang Cubadak, Pasaman Barat, 13 Desember 1989. Merupakan Anak satu-satunya dari pasangan Ardesman dan Yulinar. Penulis lulus dari SD Negeri 26 Kampuang Cubadak tahun 2002, melanjutkan ke SMP Negeri 1 Pasaman selesai pada tahun 2005. Kemudian melanjutkan ke SMA Negeri 1 pasaman dan lulus pada tahun 2008. Setelah Tamat SMA penulis melanjutkan D3 di Politeknik Negeri Padang dengan Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Teknik Telekomunikasi dan lulus pada tahun 2012, kemudian melanjutkan ke jenjang sarjana di Jurusan Teknik Elektro ITS program studi Telekomunikasi Multimedia melalui penerimaan Lintas jalur. Pada tahun 2014 penulis mengambil tugas akhir di Laboratorium Komunikasi Multimedia B304.

Halaman Ini Sengaja di Kosongkan

## LAMPIRAN

### A. Listing Program Sistem Komunikasi SISO pada WARP dengan Modulasi QPSK Menggunakan Kode Konvolusi

#### 1. Listing Program Kode Konvolusi dengan Code Rate 1/2

```
close all;
clear all;
clc;
warning off;

ber_timer = tic;

% Statistical Iteration
stat_iter = 1;

% Parameter WARP
tx_gain_RF = 0:4:36;
tx_gain_bb = 1;
rx_gain_RF = 1;
rx_gain_bb = 7;
gains = tx_gain_RF;
Fch = 2.4;
channel = 8;

%Experiment data set container
temp_dat_set1 = zeros(stat_iter,length(gains));

%BER Container
BER = zeros(size(gains));

nn_iter = 0;

for zz=gains
for zx=1:stat_iter

jml_payload = 1920; % jumlah simbol dalam 1 frame payload
sym_pilot = 4; % jumlah simbol untuk 1 pilot
jml_pilot = jml_payload/(sym_pilot+1); % jumlah pilot
keseluruhan
jml_sym = jml_payload - jml_pilot;

M = 4;
k = log2(M);
nsamp = 8;
```

```

% Penentuan Filter
ordfilter = 64;

% Parameter untuk Upconvert dan Downconvert
fs = 40e6;
fc = 5e6;

%% Blok Pembangkitan bit
input = 1536;
n_input = randint(input,1,[0,1],1);

%% blok kode konvolusi
msg = n_input;
t = poly2trellis(3,[5 7]); % Trellis
code = convenc(msg,t); % Encode.
coderate = 1/2;

% Blok Modulasi
tx_sym = modulasi(code,M);
tx_syml = length(tx_sym);
n_frame = tx_syml/jml_sym;
tx_sym_frame = reshape(tx_sym, n_frame, jml_sym);

for ii = 1:n_frame

%% Blok Penambahan PILOT
tx_sym2 = tx_sym_frame(ii,:);
tx_payload = pilot_masuk(tx_sym2,sym_pilot);

%% Blok Penentuan Preamble dan Memasukkan preamble
% preamble = [-1;-1;-1;1;-1;0;0;0;0;0;0;0];
preamble = [1+1i;1+1i;1+1i;0;0;0;-1-1i;-1-1i;-1-1i;0;1+0i;1+0i;1+0i;0;0;0;0];
jml_preamble = length(preamble);
jml_padding = floor((2^14-((jml_payload+jml_preamble)*8 +
ordfilter))/8);
tx_data=[preamble;tx_payload;zeros(jml_padding,1)];

%% Blok pulse shaping filter
% membangkitkan sinyal rise cosine
delay = ordfilter / (nsamp*2);
rolloff = 0.3; % rolloff faktor filter
rrcfilter=rcosine(1,nsamp,'fir/sqrt',rolloff,delay);

% proses pulse shaping di TX
tx_filt=rcosflt(tx_data,1,nsamp,'filter',rrcfilter);

%% Blok proses upconvert ke 5 MHz
time1 = [0:1:length(tx_filt)-1]/fs; % Sampling Freq. adalah
40MHz

```

```

tx_upconvert=tx_filt.*exp(sqrt(1)*2*pi*fc*timel).';
tx_upconvert_new(ii,:)=tx_upconvert;

end

%for ii = 1:n_frame
%rx_buff_new(ii,:)=awgn(tx_upconvert_new(ii,:),zz);
tx_buff = tx_upconvert_new;
rx_buff_new=warp_transmit(tx_buff,tx_gain_RF,tx_gain_bb,rx_g
ain_RF,rx_gain_bb,Fch,channel);
%end

for ii = 1:n_frame

rx_buff2 = rx_buff_new(ii,:);
%% Blok proses downconvert
time2 = [0:1:length(rx_buff2)-1]/fs; % Sampling Freq. is
40MHz
rx_bb = rx_buff2.* exp(-sqrt(-1)*2*pi*fc*time2);

%% Blok Match Filter
rx_filt=rcosflt(rx_bb.',1,nsamp,'Fs/filter',rrcfilter);

%% Menghilangkan preamble
corr_window = 300;
length_preamble_upsamp = nsamp*jml_preamble;
preamble_upsamp = upsample(preamble,nsamp);
reference_samples = zeros(corr_window,1); % matrix
reference_sample 300x1
reference_samples(1:length_preamble_upsamp) =
preamble_upsamp;
reference_matrix=toeplitz(reference_samples,...
circshift(reference_samples(corr_window:-1:1),1)); %
reference_matrix (300 x 300)

% korelasi dengan reference matrix untuk menemukan preambel
sequence
correlation = abs( (rx_filt(1:corr_window).') *
reference_matrix );
preamble_start = find(correlation == max(correlation)); %
Start of preamble
first_sample_index = preamble_start+length_preamble_upsamp;
% start dari
% simbol pertama setelah preamble

rx_filt2 = rx_filt(first_sample_index:end); % proses match
filter

rx_payload = downsample(rx_filt2,nsamp); % proses downsample

```

```

rx_payload2 = rx_payload(1:jml_payload);

%% proses channel estimasi dan memperoleh symbol estimasi di
rx
[rx_sym,sym]=pilot_keluar(rx_payload2,sym_pilot);
rx_syml (ii,:) = rx_sym;

%% Blok demodulasi
rx_siso = demodulasi(rx_syml,M);

%% Blok Viterbi decoder
tblen = 3;
[d m p in] = vitdec(rx_siso,t,tblen,'cont','hard');

end
%% BER
decdelay = tblen; % Decoder delay, in bits
[NUM,SER1] = biterr(msg(1:end-decdelay),d(decdelay+1:end))

end
nn_iter = nn_iter+1;
fprintf('Done for Tx RF Gain = %d\n',zz);

%Save each statistical iteration data - SISO
temp_dat_set1(zx,nn_iter) = SER1;
end

BER(1,:) = mean(temp_dat_set1,1)

% Convert gain setting to Tx RF output in dBm according to
MAX-2828/9
tx_gain_set = [0;8;16;24;32;40;48;56;63];
eqv_gain = [-35;-31;-27;-23.5;-19;-14.5;-11.5;-7;-3];
tx_outp =
interp1(tx_gain_set,eqv_gain,gains,'linear','extrap');

figure;
semilogy(tx_outp,BER,'-sr');
legend('SISO CODE');

xlabel('TX RF Gain (dBm)');
ylabel('BER');
grid;

fprintf('Elapsed Time : %f hours\n',toc(ber_timer)/(60*60));

```

## 2. Listing Program Kode Konvolusi dengan Code Rate 2/3

```
%% Blok Pembangkitan bit
input = 2048;
n_input = randint(input,1,[0,1],1);

%% blok kode konvolusi
msg = n_input;
t = poly2trellis([1 3],[1 0 0;0 5 7]); % Trellis
code = convenc(msg,t); % Encode.
coderate = 2/3;

%% Blok Viterbi decoder
tblen = 3;
[d m p in] =
vitdec(rx_asis,t,tblen,'cont','hard');
end

%% BER
decdelay = 2*tblen % Decoder delay, in bits
[NUM,SER1] = biterr(msg(1:end-decdelay),d(decdelay+1:end))
```

## 3. Listing Program Kode Konvolusi dengan Code Rate 3/4

```
%% Blok Pembangkitan bit
input = 2304;
n_input = randint(input,1,[0,1],1);

%% blok kode konvolusi
msg = n_input;
t = poly2trellis([1 1 3],[1 0 0 0 ; 0 1 0 0 ; 0 0 5 7]); %
Trellis
code = convenc(msg,t); % Encode.
coderate = 3/4;

%% Blok Viterbi decoder
tblen = 3;
[d m p in] = vitdec(rx_asis,t,tblen,'cont','hard');

%% BER
decdelay = 3*tblen % Decoder delay, in bits
[NUM,SER1] = biterr(msg(1:end-decdelay),d(decdelay+1:end))
```

## 4. Listing Program Kode Konvolusi dengan Code Rate 5/6

```
%% Blok Pembangkitan bit
input = 2560;
```

```

n_input = randint(input,1,[0,1],1);

%% blok kode konvolusi
msg = n_input;
t = poly2trellis([1 1 1 1 3],[1 0 0 0 0 0; 0 1 0 0 0 0 ; 0 0
1 0 0 0;0 0 0 1 0 0; 0 0 0 0 5 7]); % Trellis
code = convenc(msg,t); % Encode.
coderate = 5/6;

%% Blok Viterbi decoder
tblen = 3;
[d m p in] = vitdec(rx_asiso,t,tblen,'cont','hard');

%% BER
decdelay = 5*tblen % Decoder delay, in bits
[NUM,SER1] = biterr(msg(1:end-decdelay),d(decdelay+1:end))

```

## 5. Listing Program Kode Konvolusi dengan Code Rate 7/8

```

%% Blok Pembangkitan bit
input = 2688;
n_input = randint(input,1,[0,1],1);

%% blok kode konvolusi
msg = n_input;
t = poly2trellis([1 1 1 1 1 1 3],[1 0 0 0 0 0 0 0; 0 1 0 0 0
0 0 0 ; 0 0 1 0 0 0 0 0;0 0 0 1 0 0 0 0;0 0 0 0 1 0 0 0;0 0 0
0 0 1 0 0; 0 0 0 0 0 0 5 7]); % Trellis
code = convenc(msg,t); % Encode.
coderate = 7/8;

%% Blok Viterbi decoder
tblen = 3;
[d m p in] = vitdec(rx_asiso,t,tblen,'cont','hard');

%% BER
decdelay = 7*tblen % Decoder delay, in bits
[NUM,SER1] = biterr(msg(1:end-decdelay),d(decdelay+1:end))

```

## 6. Listing Program warp\_transmit

```

function [rx_vec_air] =
warp_transmit(tx_vec_air,TxGainRF,TxGainBB,RxGainRF,RxGainBB
,fc,channel)

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Set up the WARPLab experiment

```



```

% Prepare for Transmit Using WARP
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

USE_AGC = false;
% false = if use gain control
% true  = if not use gain control
NUMNODES = 2;

% create a vector of node objects
nodes = wl_initNodes(NUMNODES);

fprintf('Begin WARP Tx-Rx...\n')
tic;

% create a UDP broadcast trigger and tell each node to be
ready for it
eth_trig = wl_trigger_eth_udp_broadcast;
wl_triggerManagerCmd(nodes,'add_ethernet_trigger',[eth_trig]
);

% get IDs for the interfaces on the boards. Since this
example assumes
% each board has the same interface capabilities, we only
need to get
% the IDs from one of the boards
[RFA,RFB] = wl_getInterfaceIDs(nodes(1));

% set up the interface for the experiment
wl_interfaceCmd(nodes,'RF_ALL','tx_gains',TxGainBB,TxGainRF)
;
wl_interfaceCmd(nodes,'RF_ALL','channel',fc,channel);

if(USE_AGC)

wl_interfaceCmd(nodes,'RF_ALL','rx_gain_mode','automatic');
wl_basebandCmd(nodes,'agc_target',-10);
wl_basebandCmd(nodes,'agc_trig_delay', 500);
else
wl_interfaceCmd(nodes,'RF_ALL','rx_gain_mode','manual');

wl_interfaceCmd(nodes,'RF_ALL','rx_gains',RxGainRF,RxGainBB)
;
end

% use the transmitter's I/Q buffer size to determine how
long our
% transmission can be
TX_NUM_SAMPS = nodes(1).baseband.txIQLen;

```

```

SAMP_FREQ          =
wl_basebandCmd(nodes(1), 'tx_buff_clk_freq');

% set up the baseband for the experiment
wl_basebandCmd(nodes, 'tx_delay', 0);
wl_basebandCmd(nodes, 'tx_length', TX_NUM_SAMPS);
example_mode_string = 'hw';

node_tx            = nodes(1);
node_rx            = nodes(2);
RF_TX              = RFA;
RF_RX              = RFA;

Ts                 = 1/(wl_basebandCmd(nodes(1), 'tx_buff_clk_freq'));
Ts_RSSI            = 1/(wl_basebandCmd(nodes(1), 'rx_rssi_clk_freq'));

% mulai
tx_vec_air         = tx_vec_air.';
tx_vec_air_size    = size(tx_vec_air);
rx_vec_air         =
zeros(TX_NUM_SAMPS, tx_vec_air_size(2));
rx_RSSI            =
zeros(TX_NUM_SAMPS/4, tx_vec_air_size(2));
rx_gains           = zeros(3, tx_vec_air_size(2));

%Do transmit-receive for all st frames
wl_interfaceCmd(node_tx, RF_TX, 'tx_en');
wl_interfaceCmd(node_rx, RF_RX, 'rx_en');
wl_basebandCmd(node_tx, RF_TX, 'tx_buff_en');
wl_basebandCmd(node_rx, RF_RX, 'rx_buff_en');

for m = 1:tx_vec_air_size(2);

wl_basebandCmd(node_tx, [RF_TX], 'write_IQ', tx_vec_air(:,m)
);

%send trigger
eth_trig.send();

%Get received data

%First RF
rx_vec_air(:,m) = wl_basebandCmd(node_rx, [RF_RX], 'read_IQ',
0, TX_NUM_SAMPS);
rx_RSSI(:,m)    =
wl_basebandCmd(node_rx, [RF_RX], 'read_RSSI', 0, TX_NUM_SAMPS/(T
s_RSSI/Ts));
rx_gains(:,m)   =
wl_basebandCmd(node_rx, [RF_RX], 'agc_state');

```

```

end

%Disable all RF to both node
wl_basebandCmd(nodes,'RF_ALL','tx_rx_buff_dis');
wl_interfaceCmd(nodes,'RF_ALL','tx_rx_dis');

rx_vec_air      = rx_vec_air.';

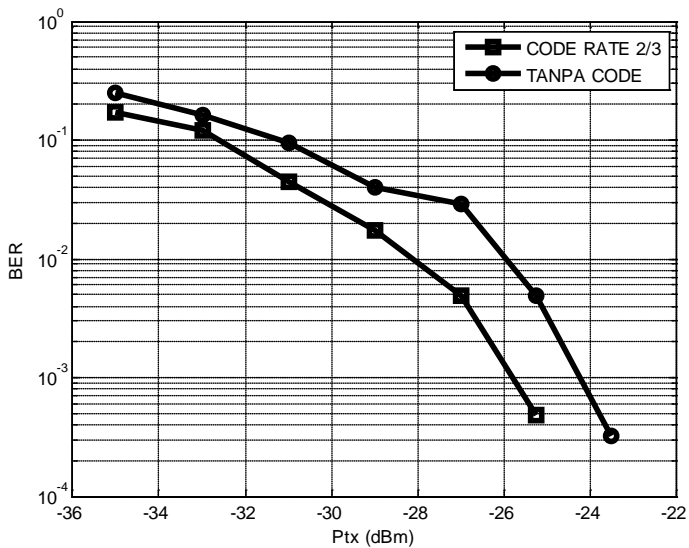
pr_time = toc;
fprintf('\nDone. Process time = %f s \n',pr_time);
end

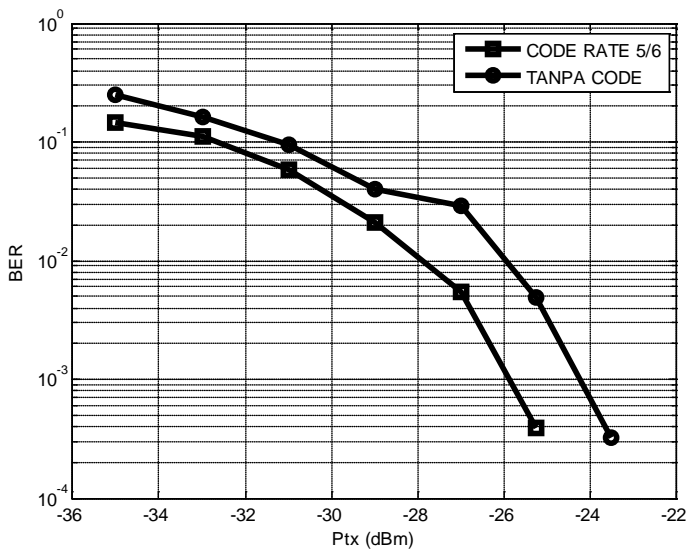
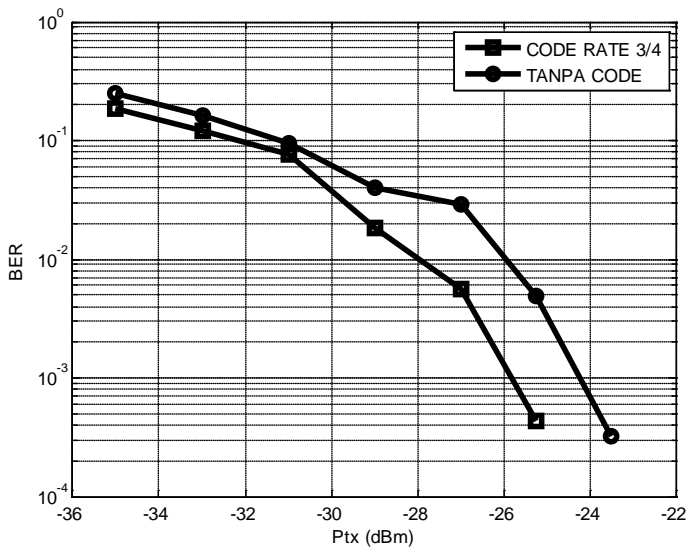
```

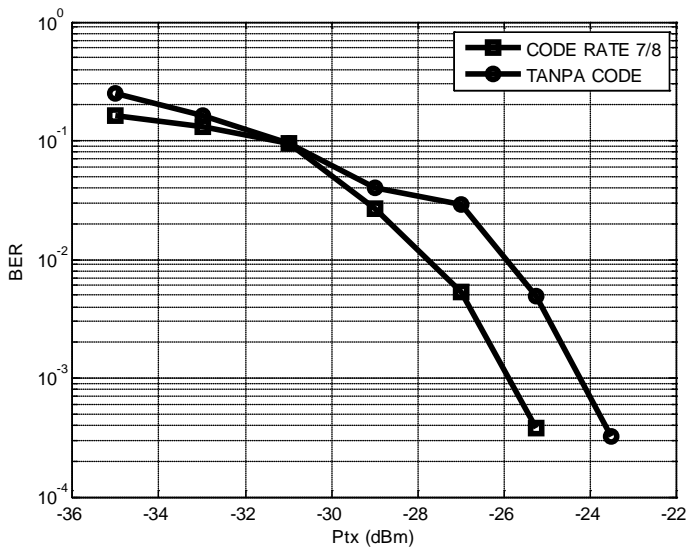
## B. Hasil Pengukuran dan Implementasi dengan Kode Konvolusi dan Tanpa Kode Konvolusi

### 1. Jarak 6 meter

Tx_Gain_ RF	Rate 2/3	Rate 3/4	Rate 5/6	Rate 7/8	Tanpa Code
0	0.17189	0.18475	0.14499	0.16085	0.24984
4	0.11998	0.12026	0.11159	0.13011	0.16112
8	0.044074	0.075381	0.058546	0.094863	0.09375
12	0.01714	0.018301	0.021218	0.026622	0.040039
16	0.0048972	0.0056645	0.005501	0.0052493	0.029297
20	0.00048972	0.00043573	0.00039293	0.00037495	0.0048828
24	0	0	0	0	0.00032552
28	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0
36	0	0	0	0	0

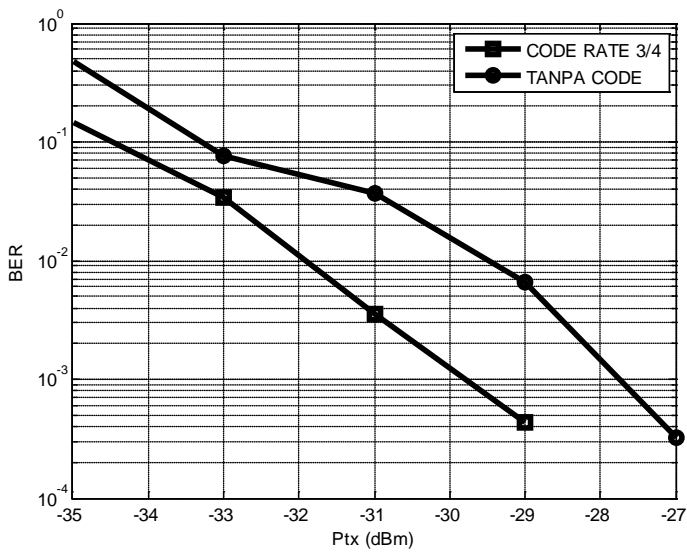
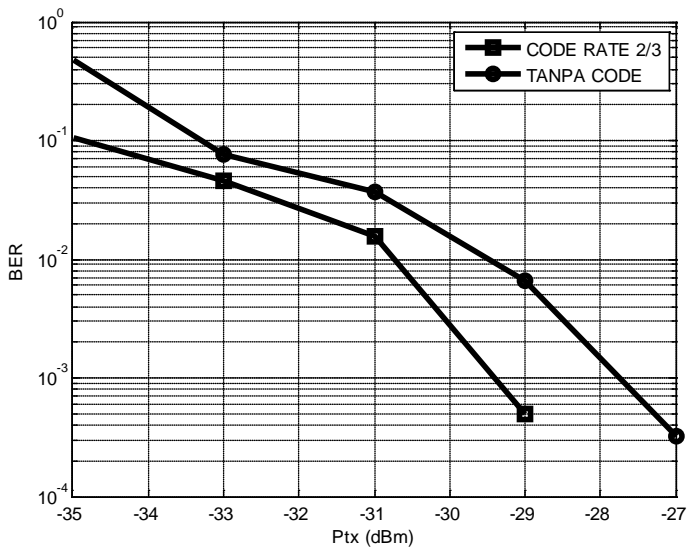


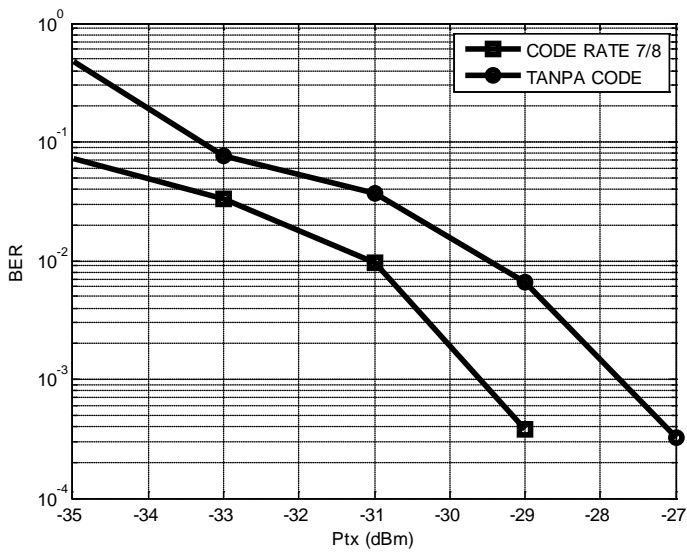
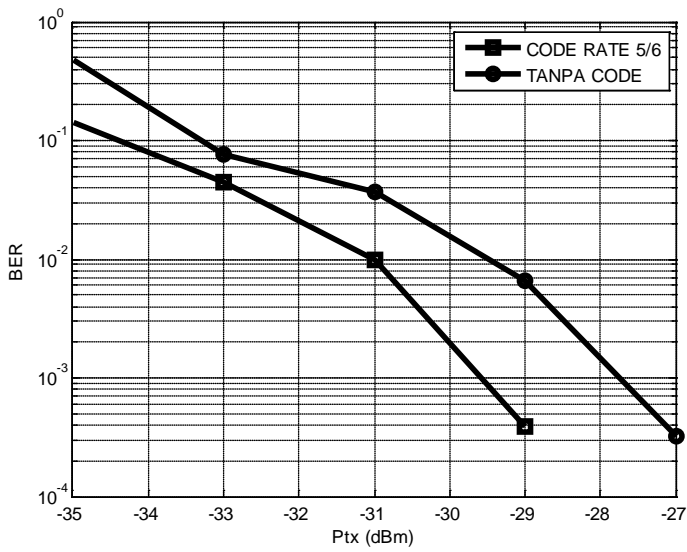




## 2. Jarak 4 meter

Tx_Gain _RF	Rate 2/3	Rate 3/4	Rate 5/6	Rate 7/8	Tanpa Code
0	0.1068	0.1473	0.1407	0.0731	0.4727
4	0.0455	0.0344	0.044	0.033	0.0762
8	0.0157	0.0035	0.0098	0.0097	0.0365
12	4.90E-04	4.36E-04	3.93E-04	3.75E-04	6.50E-03
16	0	0	0	0	3.26E-04
20	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0
36	0	0	0	0	0

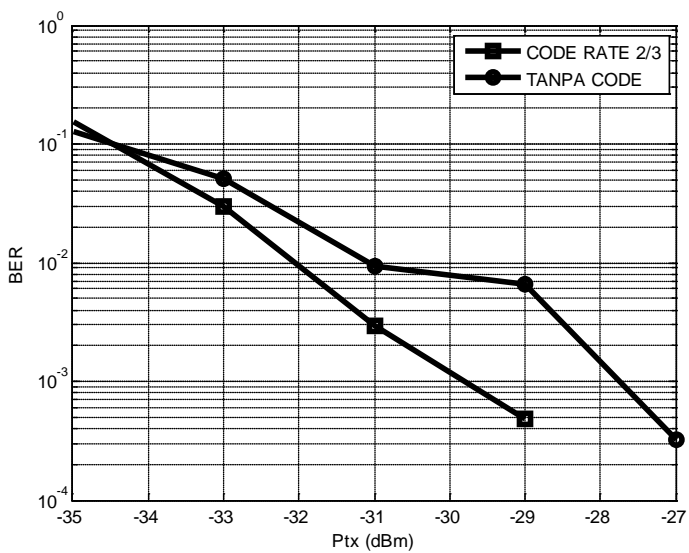


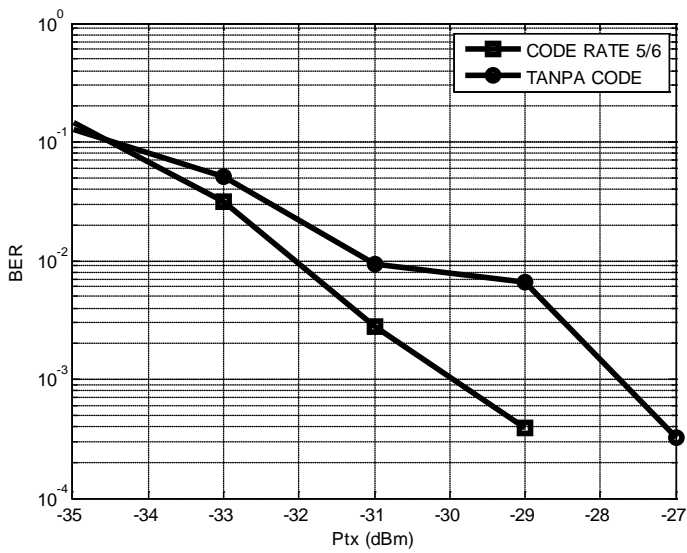
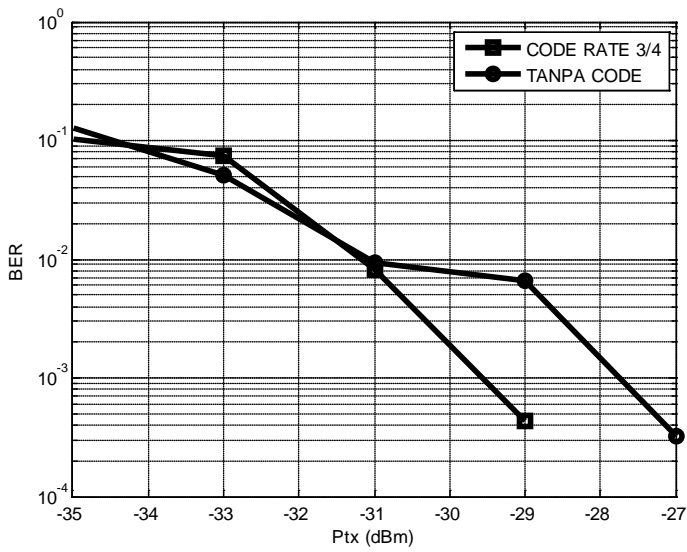


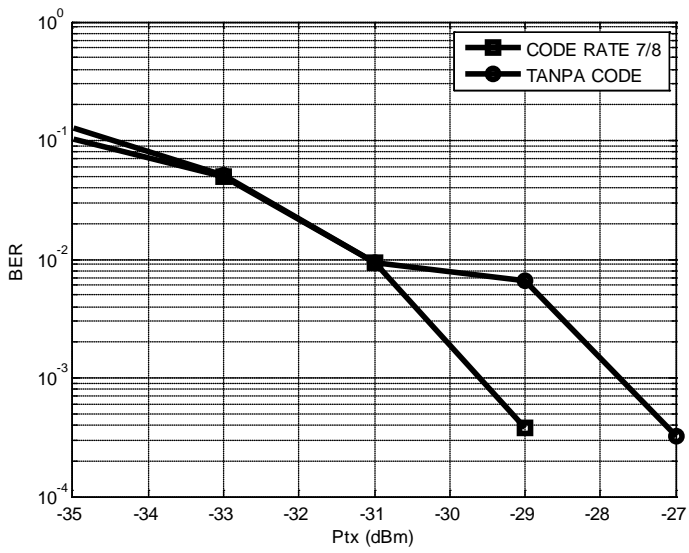


### 3. Jarak 2 meter


Tx_Gain_ RF	Rate 2/3	Rate 3/4	Rate 5/6	Rate 7/8	Tanpa Code
0	0.15377	0.1024	0.14774	0.10386	0.1276
4	0.029383	0.074946	0.031041	0.049119	0.050456
8	0.0029383	0.0082789	0.0027505	0.0093738	0.0094401
12	0.00048972	4.36E-04	3.93E-04	0.00037495	6.50E-03
16	0	0	0	0	0.000326
20	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0
36	0	0	0	0	0







## C. Lembar Monitoring



**ITS**  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember















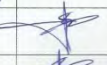

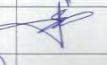















**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**  
Kampus ITS Gedung B & C Sukolilo Surabaya - 60111  
Telp. (031) 594 7302, 5994251 s/d 54 Pes. 1206  
Fax. (031) 5931237  
e-mail : [elits@ee.its.ac.id](mailto:elits@ee.its.ac.id)  
Website: <http://www.ee.its.ac.id>

### MONITORING KEGIATAN TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa : Desrina Elvia Nrp 221206032

Judul Tugas Akhir : Implementasi dan Evaluasi Kinerja Kode Konvolusi  
Pada Modulasi Quadrature Phase Shift Keying (QPSK)  
Menggunakan WARP

Bulan Proposal Disahkan :  
Dosen Pembimbing 1 : Dr. Ir. Suwadi, MT NIP 19680818 1993031 002  
Dosen Pembimbing 2 : Dr. Ir. Titiek Suryani, MT NIP 19641130 1989032 001

No	Tanggal	Uraian Kegiatan	Tanda Tangan			Keterangan
			Pembimbing (1)	Pembimbing (2)	Mahasiswa	
1	23/Sept-2019	Mempelajari blok diagram Sistem komunikasi Siso				
2	30/Sept-2019	Mempelajari Tentang Kode Konvolusi dan Viterbi				
3	10/Okt-2019	Mempelajari Modulasi dan demodulasi QPSK				
4	17/Okt-2019	Menunjukkan hasil Simulasi Kode Konvolusi Pada Matlab				
5	24/Okt-2019	Memperbaiki Simulasi Pada Matlab				
6	31/Okt-2019	Menunjukkan hasil Implementasi pada modul WARP				
7	4/Nov-2019	Menunjukkan hasil implementasi untuk kondisi variasi NLOS				
8	11/Nov-2019	Menunjukkan Hasil implementasi dari perbandingan tanpa kode & dengan kode konvolusi				
9	18/Nov-2019	Menunjukkan Hasil implementasi setiap kode rate yg digunakan				
10	25/Nov-2019	Menunjukkan Hasil pengukuran fix / keseluruhan				
11	2/Des-2019	Ditawi hasil pengukuran dan analisa yg akan ditulis				
12	9/Des-2019	Menunjukkan Laporan BAB 1 - 3				
13	16/Des-2019	Revisi Laporan Bab 1 - 3				
14	19/Des-2019	Menunjukkan Laporan BAB 4 & 5				
15	24/Des-2019	Revisi Bab 4 - 5 dan lampiran				
16	31/Des-2019	Menunjukkan hasil akhir				

## D. Pengesahan Proposal Tugas Akhir

Jurusan Teknik Elektro – FTI  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

TE141599 TUGAS AKHIR – 4 SKS

Nama Mahasiswa : Desrina Elvia  
Nomor pokok : 2212 106 072  
Bidang Studi : Telekomunikasi Multimedia  
Tugas diberikan : Semester Gasal 2014/2015  
Dosen Pembimbing : 1. Dr. Ir. Suwadi, MT  
2. Dr. Ir. Titiek Suryani, MT  
Judul Tugas Akhir : **Implementasi dan Evaluasi Kinerja Kode Konvolusi Pada Modulasi *Quadrature Phase Shift Keying* (QPSK) Menggunakan WARP**  
*(Implementation and Performance Evaluation Of Convolution Code In Modulation Quadrature Phase Shift Keying (QPSK) Using WARP)*

23 SEP 2014


### Uraian Tugas Akhir :

Pada masa komunikasi digital saat ini, dibutuhkan suatu sistem komunikasi yang handal dan tahan terhadap gangguan atau *noise*, agar data yang dikirimkan dari pemancar ke penerima dapat dideteksi dengan benar oleh penerima.

Pada tugas akhir ini kode konvolusi yang merupakan *Error Control Coding* untuk mendeteksi kesalahan dan mengoreksi kesalahan di implementasikan pada modulasi *Quadrature Phase Shift Keying* (QPSK) menggunakan modul *Wireless Open-Access Research Platform* (WARP). WARP digunakan sebagai pemancar dan penerima untuk mengukur kinerja dari kode konvolusi dan melihat pengaruh kode konvolusi pada modulasi QPSK. Penggunaan kode konvolusi dibatasi pada *code rate* 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 dan 7/8, akan dievaluasi pengaruhnya terhadap nilai *bit error rate* (BER), hingga *code rate* berapa yang dapat diimplementasikan pada WARP dan seberapa besar perbaikan yang diperoleh dengan perubahan *code rate* tersebut.

**Kata Kunci** : Kode Konvolusi, QPSK, WARP


Dosen Pembimbing 1,

  
**Dr. Ir. Suwadi, MT**  
NIP. 19680818 1993031 002

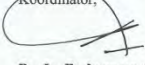
Mengetahui,  
Jurusan Teknik Elektro FTI-ITS  
Ketua,

  
**Dr. Tri Arief Sardiono, ST, MT**  
NIP. 19700212 1995121 001

Dosen Pembimbing 2,

  
**Dr. Ir. Titiek Suryani, MT**  
NIP. 19641130 1989032 001

Menyetujui,  
Bidang Studi Telekomunikasi Multimedia  
Koordinator,

  
**Dr. Ir. Endrosono, DEA**  
NIP. 19650404 1991021 001